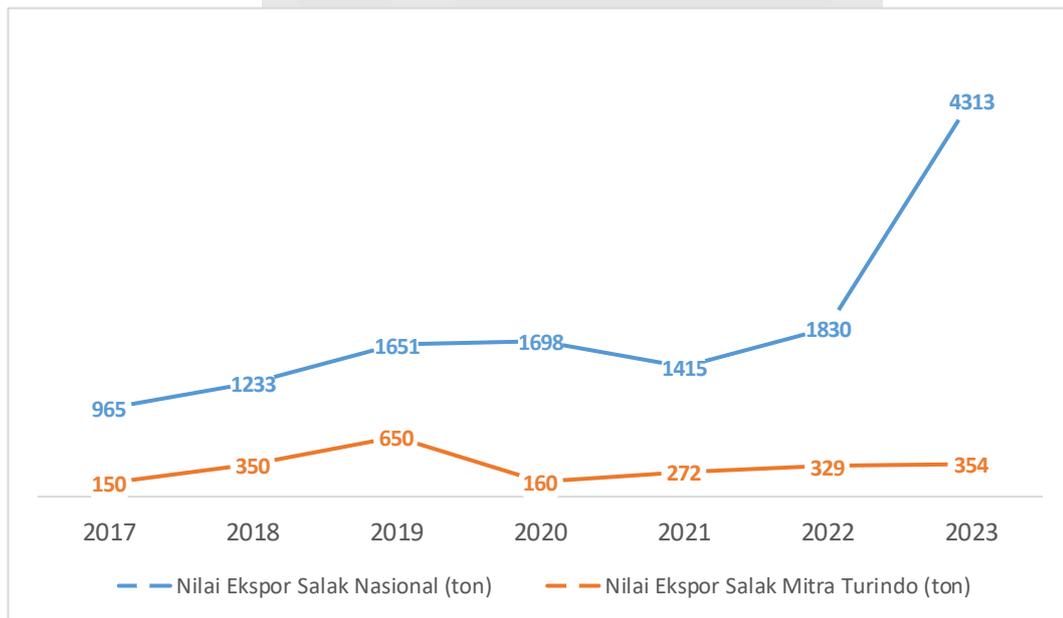


BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salak memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan menjadi salah satu komoditas ekspor unggulan dari Indonesia. Pada Gambar 1.1, terlihat bahwa nilai ekspor salak dari tahun 2017 hingga 2023 mengalami peningkatan. Hal ini membuktikan bahwa permintaan salak di pasar internasional terus meningkat, menunjukkan potensi besar buah ini sebagai produk ekspor yang kompetitif. Negara-negara yang tertarik mengimpor salak dari Indonesia meliputi China, Kamboja, Malaysia, Singapura, Thailand, Arab Saudi, Uni Emirat Arab, Timor-Leste, Belanda, Qatar, Hongkong, Jerman, dan Inggris [1]. Peningkatan ekspor ini juga mencerminkan kesuksesan upaya diversifikasi pasar dan peningkatan kualitas produksi yang dilakukan oleh para petani dan eksportir Indonesia.



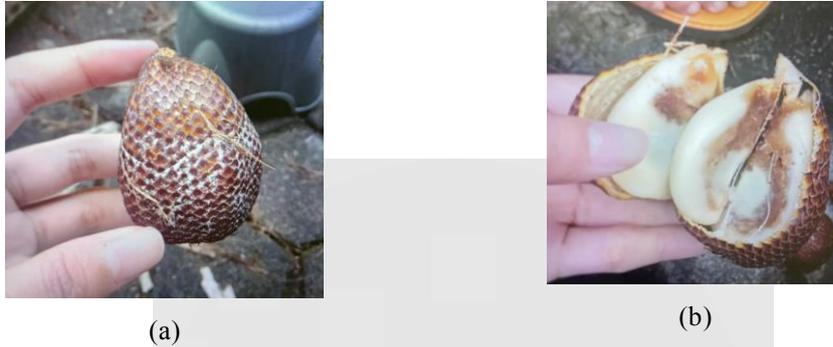
Gambar 1. 1 Grafik Pertumbuhan Ekspor Salak [2, 3, 4, 5, 6]

Kelompok tani Mitra Turindo menjadi komunitas petani salak berlokasi di Sleman, Yogyakarta sebagai eksportir salak. Mitra Turindo memiliki *packing house* untuk pemasaran salak pondoh ke berbagai negara. Luas lahan yang dikelola oleh paguyuban mencakup 200 hektar, dengan 10 kelompok tani yang bergabung. Ekspor salak sudah dilakukan sejak tahun 2017.

Dari tahun 2017 hingga 2019, nilai ekspor salak dari kelompok tani Mitra Turindo mengalami peningkatan yang signifikan, seperti terlihat pada Gambar 1.1. Peningkatan ini mencerminkan pertumbuhan nilai ekspor salak di pasar internasional dan menunjukkan keberhasilan kelompok tani Mitra Turindo dalam memperluas jangkauan ekspornya. Namun, Gambar 1.1 juga menunjukkan penurunan produksi ekspor salak di tahun 2020 karena dampak pembatasan covid-19. Pada grafik terlihat bahwa pada tahun 2023, nilai ekspor salak nasional mencapai 4.313 ton, sedangkan nilai ekspor salak mitra Turindo hanya sebesar 354 ton. Meskipun ada peningkatan produksi mitra Turindo dari tahun sebelumnya, perbedaannya masih sangat signifikan jika dibandingkan dengan ekspor nasional. Hal ini disebabkan oleh serangan lalat buah yang berdampak besar pada produksi salak mitra Turindo. Serangan lalat buah mengurangi jumlah salak yang memenuhi standar ekspor, sehingga mengakibatkan produksi ekspor dari mitra Turindo tetap relatif kecil dibandingkan dengan angka ekspor nasional. Penurunan ini disebabkan oleh masalah kualitas, karena salak yang busuk dapat menyebabkan pembatasan hingga pemblokiran impor oleh negara tujuan [7].

Penyebab pembusukan salak disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah serangan hama. Hama yang menyerang budidaya salak sangat beragam, termasuk lalat buah, kutu putih, penggerek, tikus, dan tupai. Di antara hama-hama tersebut, lalat buah memberikan dampak paling signifikan terhadap kerusakan salak. Betina lalat buah bertelur di dalam buah, dan larva yang menetas memakan daging buah, menyebabkan pembusukan, perubahan warna, dan penurunan nilai ekonomi buah yang dipanen. Selain itu, lalat buah menjadi kendala utama dalam perdagangan

buah-buahan internasional. Banyak negara menerapkan pembatasan karantina yang ketat untuk mencegah masuknya spesies lalat buah eksotis, sehingga menambah tantangan bagi petani salak [8]. Gambar 1.2 menunjukkan kondisi salak yang terkena serangan hama karena lalat buah



Gambar 1. 2 Tampilan Salak yang Terkontaminasi

Lalat buah memiliki kemampuan untuk menyebar ke seluruh buah salak, sehingga mempercepat proses pembusukan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.2. Pada Gambar 1.2 bagian (a), tampak luar salak yang terkontaminasi dengan serbuk putih, yang dapat menyebar dengan cepat ke buah salak lainnya, terutama dalam kondisi lembap. Serangan lalat buah juga ditandai dengan adanya pembusukan dari dalam salak yang ditunjukkan pada Gambar 1.2 bagian (b). menandakan kerusakan yang lebih serius akibat hama ini.

Untuk mengurangi serangan lalat buah pada salak maka dilakukan pengendalian yaitu dengan menggunakan pendekatan pengelolaan hama terpadu di seluruh kawasan (AW-IPM). Pendekatan *Area-Wide Integrated Pest Management* (AW-IPM) menjadi pilihan utama yang efektif karena teknik ini dirancang untuk mengatasi keterbatasan pengendalian skala kecil yang dilakukan oleh petani individual [8]. Lalat buah, sebagai serangga yang bersifat *mobile*, dapat dengan mudah berpindah antar lahan jika pengendalian tidak dilakukan secara serentak di wilayah yang luas. Maka, AW-IPM mengintegrasikan berbagai metode pengendalian seperti pemasangan perangkap berferomon.

Pemasangan perangkat berferomon berbahan dasar *methyl eugenol* efektif menarik dan mengeliminasi lalat jantan [9]. Untuk memastikan keberhasilan pengendalian, pemasangan perangkat monitoring dilakukan dengan memperhitungkan tingkat Flies per Trap per Day (FTD). Data FTD ini menjadi dasar pengambilan keputusan dan evaluasi efektivitas teknologi pengendalian yang diterapkan. Meskipun lalat yang tertangkap mungkin berbeda dari lalat yang menyerang lahan, secara ilmiah telah terbukti bahwa jumlah lalat tersebut merepresentasikan populasi lalat buah yang menyerang [10].

Sebagai bagian dari implementasi AW-IPM, perangkat ini secara rutin dikelola oleh petani. Setiap minggu, jumlah lalat buah yang tertangkap dilaporkan kepada pihak mitra, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.3. Data ini membantu memastikan populasi lalat buah terus dipantau secara akurat, sehingga strategi pengendalian dapat terus disesuaikan untuk mencapai hasil yang optimal. Lalat yang tertangkap dalam perangkat kemudian disebar dan ditata dengan sedikit jarak di atas media seperti ubin, daun, kayu, atau bahan lainnya, seperti yang terlihat pada Gambar 1.4.



Gambar 1. 3 Perangkat Lalat Buah



Gambar 1. 4 Proses Perhitungan Manual

Petani kemudian menghitung satu per satu tangkapan lalat buah, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.4. Proses perhitungan manual ini memakan waktu lama dan prosedur yang rumit, terutama ketika jumlah tangkapan berkisar antara 80 hingga 300 lalat. Akibatnya, banyak petani merasa enggan melanjutkan proses ini karena memakan banyak waktu dan tenaga. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem perhitungan otomatis yang dapat membantu petani dalam menghitung jumlah salak dengan lebih efisien. Sistem otomatis yang dikembangkan akan memudahkan petani dalam menyusun laporan ke mitra secara cepat dan akurat. Jika salak akan diekspor, pihak Mitra Turindo diwajibkan untuk melaporkan jumlah lalat buah yang menyerang di setiap lahan kepada Badan Karantina Indonesia, yang menjadi bagian dari proses verifikasi dan persetujuan ekspor, untuk memastikan kualitas dan keamanan produk yang diekspor. Pelaporan jumlah lalat buah ini merupakan bagian penting dari prosedur dalam metrik ekspor salak, karena berhubungan langsung dengan perhitungan nilai FTD. Nilai FTD ini tidak hanya berfungsi sebagai evaluasi dalam sistem AW-IPM, tetapi juga sebagai indikator ambang batas syarat ekspor [11]. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya membantu dalam pengendalian hama, tetapi juga memfasilitasi proses pelaporan yang lebih efisien dan akurat.

Sistem perhitungan otomatis yang diusulkan akan dikembangkan menggunakan teknologi *Artificial Intelligence* (AI) khususnya arsitektur *deep learning*. *Deep*

learning terbukti memiliki performa yang baik dalam melakukan perhitungan otomatis [12]. Li et al, mengembangkan penelitian untuk melakukan pemantauan pada hama pertanian dengan menggunakan model YOLOv3 yang telah dimodifikasi untuk deteksi *multi-target* serangga dalam kondisi lingkungan yang kompleks. Model yang dikembangkan menunjukkan akurasi deteksi sebesar 90,62%, yang merupakan peningkatan sebesar 3% dibandingkan dengan model YOLOv3 standar [13]. Hal ini menunjukkan bahwa model YOLOv3 yang ditingkatkan dapat digunakan secara efektif untuk deteksi dan perhitungan serangga di bidang pertanian. Namun, model mengalami kesulitan dalam mendeteksi serangga dengan jumlah yang padat, posisi berdekatan, latar belakang beragam, terutama jika serangga berukuran kecil atau tersamarkan oleh elemen latar belakang.

Pada penelitian yang dikembangkan oleh Mamdouh and Khattab, membahas pengembangan kerangka kerja berbasis *deep learning* untuk mendeteksi dan menghitung jumlah lalat buah zaitun (*olive fruit fly*) dalam gambar yang diambil oleh perangkat feromon pintar di kebun zaitun. Menggunakan *dataset* DIRT (*Dacus Image Recognition Toolkit*) yang mencakup gambar lalat buah zaitun yang tertangkap dalam perangkat feromon cair. Sistem modifikasi YOLOv4 yang diusulkan menunjukkan kinerja yang signifikan dengan *precision* sebesar 0,84, *recall* sebesar 0,97, F1-score sebesar 0,9, dan *mean Average Precision* (mAP) sebesar 96,68% [14]. Meskipun, nilai evaluasi *matrik* tinggi modifikasi YOLOv4 menambah kompleksitas dalam implementasi dan model sangat bergantung pada normalisasi warna kuning untuk menyamakan kondisi pencahayaan dalam gambar.

Penelitian yang dikembangkan oleh Zhong et al membahas tentang pengembangan sistem otomatis untuk mendeteksi, mengklasifikasikan, dan menghitung serangga terbang di lingkungan pertanian menggunakan teknologi penglihatan mesin (*machine vision*) menggunakan algoritma YOLO dan SVM. Model YOLO digunakan untuk mendeteksi dan menghitung kasar serangga terbang dalam gambar

yang diambil. Setelah penghitungan kasar, SVM digunakan untuk mengklasifikasikan serangga yang terdeteksi ke dalam spesies tertentu seperti lebah, lalat, nyamuk, ngengat, kumbang, dan lalat buah. Akurasi deteksi dan penghitungan metode kombinasi YOLO dan SVM menunjukkan kinerja yang baik dengan nilai lebih dari 87% [15].

Pada penelitian terdahulu, terdapat implementasi *object counting* dengan menggunakan *deep learning* dalam berbagai bidang, salah satunya untuk hama serangga. Namun, hingga saat ini belum ada implementasi khusus untuk menghitung lalat buah pada tanaman salak. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem deteksi dan penghitungan otomatis khusus untuk objek lalat buah pada tanaman salak. Sistem ini akan dikembangkan menggunakan arsitektur *deep learning* model YOLOv5. Model YOLOv5 dipilih karena kemampuannya yang unggul dalam mendeteksi objek dengan akurasi tinggi, serta kecepatan prosesnya yang efisien, terutama dalam aplikasi *real-time*. Berdasarkan referensi penelitian terdahulu, dinyatakan bahwa model YOLOv5 memiliki akurasi tinggi yaitu lebih dari 94% dan kecepatan inferensi tinggi sehingga model mampu melakukan pembelajaran dengan waktu yang singkat [16].

Namun, salah satu tantangan utama dalam pengembangan sistem ini adalah ketiadaan *dataset* khusus untuk lalat buah yang tersedia secara *online*, sehingga pengumpulan data harus dilakukan secara manual. Oleh karena itu, pengumpulan data primer dilakukan langsung di lahan pertanian. *Dataset* foto yang dihasilkan kemudian akan diolah lebih lanjut untuk mendukung pengembangan sistem perhitungan otomatis yang diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam pelaporan serta pengelolaan hama lalat buah di masa mendatang.

Sistem deteksi dan perhitungan otomatis lalat buah salak ini akan diimplementasikan pada aplikasi mobile, pemilihan model YOLOv5 karena memiliki arsitektur yang ringan, proses menjadi lebih efisiensi. Selain itu, YOLOv5

unggul dalam mendeteksi objek dengan akurasi tinggi dan kecepatan proses yang optimal. Model ini akan dievaluasi menggunakan berbagai metrik untuk memastikan kinerja optimal dalam mendeteksi dan menghitung objek. Metrik evaluasi untuk deteksi meliputi *precision*, *recall*, dan *mean Average Precision* (mAP), yang akan mengukur kemampuan model dalam mengenali dan mendeteksi lalat buah secara akurat. Untuk evaluasi penghitungan, metrik yang digunakan meliputi *average detection accuracy* (ADA), *average precision*, F1-Score, dan *mean absolute error* (MAE). Hasil evaluasi metrik bertujuan untuk mengukur performa model YOLOv5 yang dikembangkan dalam penelitian ini.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dipaparkan, rumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana performa model YOLOv5 untuk mendeteksi dan menghitung objek lalat buah salak menggunakan data yang dikumpulkan dari Lahan Mitra Turindo?

1.3 Batasan Penelitian

Berdasarkan identifikasi masalah yang sudah disebutkan, berikut merupakan batasan masalah dari penelitian ini:

- 1.3.1 Penelitian ini berfokus pada penggunaan YOLOv5 sebagai model untuk membuat sistem deteksi dan hitung otomatis berbasis gambar.
- 1.3.2 Implementasi model YOLOv5 untuk *counting object* akan menggunakan *library detect*.
- 1.3.3 Penelitian ini hanya berfokus pada perhitungan lalat buah sebagai objek, sehingga metode yang dikembangkan tidak dapat diimplementasikan secara langsung untuk mendeteksi atau menghitung hama jenis lain yang menyerang tanaman salak.
- 1.3.4 Penelitian ini hanya akan diimplementasikan pada data yang dikumpulkan dari Lahan Mitra Turindo bukan sekunder.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengembangkan sistem deteksi dan perhitungan otomatis lalat buah salak.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1.5.1 Memudahkan petani dalam manajemen hama yang ada di lahan pertanian. Dengan adanya sistem deteksi dan perhitungan otomatis ini membuat petani dapat mengambil tindakan pengendalian yang tepat berdasarkan kondisi sebaran hama yang ada di lahan.
- 1.5.2 Meningkatkan efisiensi dalam pelaporan jumlah lalat buah salak pihak mitra kepada eksportir Indonesia. Hal ini penting untuk memenuhi standar kualitas dan persyaratan ekspor internasional.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan penelitian ini disusun dengan beberapa bagian untuk mempermudah pembacaan dan pemahaman pada bahasa penelitian ini.

1.6.1 Bab 1 Pendahuluan

Pada bab ini akan membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan penelitian, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian dari penelitian yang akan dilakukan oleh penulis.

1.6.2 Bab 2 Tinjauan Pustaka

Pada bab ini akan membahas tentang penulis melakukan pencairan dan mempelajari penelitian terdahulu serta teori pada penelitian yang akan digunakan guna untuk referensi penelitian dan perbaikan untuk mengoptimalkan sistem yang akan dibuat oleh penulis.

1.6.3 Bab 3 Analisis dan Perancangan Sistem

Pada bab ini akan membahas tentang penulis melakukan perancangan umum dari keseluruhan sistem yang akan dibuat oleh penulis, mulai dari

arsitektur sistem, cara kerja, pengumpulan *dataset*, anotasi gambar, model YOLOv5 yang akan dikembangkan, pengaturan *hyperparameter*, pengembangan metode deteksi dan perhitungan, dan penentuan *metric evaluasi*.

1.6.4 Bab 4 Implementasi dan Pengujian Sistem

Pada bab ini akan membahas tentang penulis melakukan implementasi dan pengujian berupa hasil penelitian dan analisa *metric evaluasi* pada sistem yang dibangun. Berisi juga tentang kendala dan solusi terhadap masalah saat proses implementasi yang dilakukan oleh penulis.

1.6.5 Bab 5 Simpulan dan Saran

Pada bab ini akan membahas tentang kesimpulan pengujian beserta saran terhadap penelitian terkait selanjutnya berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh penulis.