

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Buah apel merupakan komoditas hortikultura bernilai ekonomi tinggi yang memiliki peran penting dalam sektor ketahanan pangan. Namun, tanaman ini rentan terhadap berbagai jenis penyakit yang dapat menurunkan kualitas produk secara signifikan serta menyebabkan *loss* hasil panen. Tanpa sistem deteksi dini yang akurat, infeksi pada buah di area perkebunan dapat menurunkan daya jual produk dan berdampak langsung pada kesejahteraan ekonomi petani. Oleh karena itu, penetapan kerangka kerja diagnostik melalui sistem klasifikasi penyakit penting untuk menjaga kualitas industri pengolahan serta mencegah *loss* yang lebih besar [1], [2], [3].

Di tengah potensi besar tersebut, perkebunan apel di Indonesia saat ini sedang menghadapi tantangan serius berupa penurunan luas lahan dan produktivitas akibat cuaca ekstrem serta penuaan pohon [4]. Masalah ini diperparah oleh praktik identifikasi penyakit yang sebagian besar masih dilakukan secara manual melalui inspeksi visual oleh petani *lokal*. Metode manual ini tidak hanya membebani operasional pertanian, tetapi juga rentan terhadap kesalahan akibat variasi warna buah dan kompleksitas gejala infeksi jamur seperti *Powdery Mildew* dan *Black Rot* [5]. Keterbatasan dalam inspeksi visual manual ini menunjukkan urgensi akan adanya solusi teknologi yang mampu melakukan deteksi penyakit secara cepat dan objektif langsung di lapangan [6].

Untuk mengatasi masalah-masalah ini, arsitektur *deep learning* yang ringan telah dikembangkan dalam penelitian-penelitian sebelumnya. Hal ini telah membuka banyak peluang besar bagi penggunaan aplikasi pertanian pada perangkat seluler. Meskipun model dasar ini cukup dikenal karena efisiensinya, integrasi mekanisme perhatian dari penelitian-penelitian sebelumnya masih memiliki masalah yang belum terpecahkan terkait kompleksitas desain dan kompromi antara

akurasi dan keringanannya. Ada pendekatan dari penelitian sebelumnya yang didasarkan pada CBAM (*Convolutional Block Attention Module*) yang sering kali meningkatkan proses komputasi karena proses pooling yang berulang [7]. Sementara itu, metode ECA (*Efficient Channel attention*) hanya berfokus pada hubungan saluran tanpa mampu menyempurnakan fitur spasial [8]. Akibatnya, perbedaan antara kebutuhan akan akurasi tinggi dan efisiensi sumber daya pada perangkat seluler menimbulkan masalah yang memerlukan eksplorasi mendetail untuk aplikasi dunia nyata [9].

Berdasarkan keterbatasan metode sebelumnya, penelitian ini mengusulkan model LiteSCSA-MobileNetV3 sebagai solusi diagnostik yang efisien dan praktis. Inovasi utama dilakukan dengan melakukan pemangkasan pada *backbone MobileNetV3-Small* serta mengintegrasikan modul *Sequential Channel and Spatial Attention (LiteSCSA)* yang disederhanakan untuk menangkap gejala penyakit secara lebih fokus. Melalui implementasi berbasis *ONNX* pada perangkat seluler, model ini dirancang untuk menyeimbangkan kebutuhan akurasi klasifikasi dengan keterbatasan sumber daya komputasi [10]. Dengan demikian, teknologi ini diharapkan mampu memberikan dukungan teknis yang andal bagi petani dalam mendeteksi penyakit apel hanya melalui satu tangkapan citra secara *real-time*.

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat tercipta sebuah solusi diagnostik yang tidak hanya unggul secara teknis namun juga aplikatif bagi kebutuhan harian petani di Indonesia. Dengan tersedianya model yang efisien pada perangkat seluler, hambatan akses terhadap teknologi cerdas diharapkan dapat diminimalisir sehingga proses pemantauan kesehatan tanaman menjadi lebih mandiri dan sistematis pada tingkat lapangan. Selain itu, implementasi arsitektur ini diharapkan mampu mendorong percepatan digitalisasi sektor pertanian yang lebih inklusif dan ekonomis tanpa memerlukan infrastruktur komputasi yang rumit. Pada akhirnya, keberhasilan pengembangan sistem ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata bagi stabilitas produksi buah apel serta memperkuat ketahanan ekonomi para petani lokal dalam menghadapi tantangan serangan penyakit tanaman.

1.2 Rumusan Masalah

- a) Bagaimana mengembangkan arsitektur model klasifikasi penyakit buah apel yang ringan, efisien, serta akurat?
- b) Sejauh mana arsitektur LiteSCSA-MobileNetV3 dapat meningkatkan performa klasifikasi dibandingkan pendekatan standar MobileNetV3?
- c) Bagaimana performa model LiteSCSA-MobileNetV3 yang diukur berdasarkan akurasi, efisiensi komputasi, dan kualitas representasi fitur dalam deteksi penyakit buah apel yang akurat dan efisien pada perangkat seluler?

1.3 Batasan Masalah

- a) Penelitian hanya berfokus pada klasifikasi penyakit pada permukaan buah apel di Indonesia dengan 5 kategori, yaitu: Sehat, *Black Rot*, *Powdery Mildew*, *Black Pox*, *Anthracnose*.
- b) Implementasi model dibatasi pada pengujian dalam lingkungan pengembangan dan implementasi langsung pada perangkat seluler. Pengujian lapangan secara ekstensif bersama petani tidak termasuk dalam cakupan penelitian ini.
- c) Dataset yang digunakan merupakan citra buah apel yang dikumpulkan dari berbagai kebun apel di daerah Malang.
- d) Model yang diintegrasikan ke dalam perangkat seluler hanya mencakup fungsi klasifikasi berbasis citra tunggal (*single-shot*), tanpa fitur analisis temporal, atau konektivitas ke *database* eksternal
- e) Penanganan yang perlu dilakukan terhadap apel yang sudah diklasifikasi penyakitnya tergantung terhadap keputusan yang ditentukan oleh petani.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan Penelitian

- a) Mengembangkan arsitektur hibrida LiteSCSA-MobileNetV3 melalui teknik truncation pada *base* model MobileNetv3-Small yang dipadukan

dengan modul *Lightweight Sequential Channel and Spatial Attention* (LiteSCSA).

- b) Mengevaluasi efektivitas pendekatan *two-stage progressive fine-tuning* sebagai strategi untuk menjaga stabilitas representasi fitur penyakit apel yang kompleks selama proses *training*.
- c) Mengevaluasi performa model dalam melakukan klasifikasi penyakit buah apel pada perangkat seluler dengan sumber daya terbatas (*low resource device*).

1.4.2 Manfaat Penelitian

- a) Memberikan kontribusi teoritis dalam pengembangan arsitektur *deep learning* yang ringan, dengan membuktikan bahwa *truncation base* model tidak akan membuat informasi visual esensial hilang jika dipadukan dengan modul LiteSCSA.
- b) Menjadi rujukan metodologis bagi penelitian lanjutan di bidang agrikultur, dengan menyediakan kerja pemodelan teruji yang mampu meniadakan keterbatasan kapasitas komputasi tanpa mengorbankan kualitas performa ekstraksi fitur pada model *deep learning*.
- c) Menyediakan prototipe yang dapat mengklasifikasi penyakit buah apel sebagai salah satu fasilitas untuk melakukan tindakan preventif guna meminimalkan risiko *loss* akibat penyakit pada buah apel.