

BAB 1

USULAN GAGASAN

1.1 Deskripsi Umum Masalah

Stroberi (*Fragaria* × *ananassa*) merupakan salah satu komoditas pertanian yang kaya nutrisi. Beberapa nutrisi yang terkandung dalam stroberi antara lain kalium, vitamin c, fosfor, kalsium, magnesium, dan lain sebagainya [1]. Dari sisi ekonomi, stroberi memiliki nilai jual yang tinggi, sehingga permintaan pasar terus bertambah, mendorong peningkatan produksi stroberi baik di tingkat nasional maupun internasional. Seiring dengan meningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya konsumsi buah-buahan dan menerapkan pola hidup sehat, permintaan pasar terhadap stroberi terus mengalami kenaikan. Berdasarkan data dari World Population Review, lima negara terbesar di dunia yang memproduksi stroberi pada tahun 2022 antara lain Cina dengan angka 3.336.690 ton, Amerika Serikat dengan angka 1.055.963 ton, Mesir dengan angka 579.029 ton, Meksiko dengan angka 557.514 ton, dan Turki dengan angka 546.525 ton [2]. Sedangkan menurut Badan Pusat Statistik Indonesia, produksi stroberi dalam negeri pada tahun 2022 mengalami lonjakan yang signifikan yaitu mencapai 28.895 ton yang mana naik dari 9.860 ton pada tahun sebelumnya [3]. Di sisi lain, tantangan utama memproduksi stroberi dalam jumlah banyak dan semaksimal mungkin adalah penyakit yang dapat menyerang tanaman dan menurunkan kualitas produk. Penyakit yang dapat menyerang tanaman stroberi diantaranya *Angular Leafspot*, *Blossom Blight*, *Gray Mold*, *Calcium Deficiency*, *Leaf Spot*, dan *Powdery Mildew* [4].

Pertanian modern sangat bergantung pada deteksi penyakit yang cepat dan akurat, maka perlu dikembangkan sistem baru yang tangguh dan efisien untuk mendeteksi penyakit tanaman secara akurat. Meskipun metode pengenalan gambar tradisional telah mencapai tingkat keberhasilan tertentu dalam mendeteksi penyakit tanaman, metode tersebut masih memiliki banyak kekurangan. Pemrosesan gambar sering kali rumit dan hasil akhirnya didasarkan pada subjektivitas manusia. Selain itu, kondisi lingkungan sekitar juga seringkali dapat memengaruhi kinerjanya. Namun, dengan kemajuan pesat teknologi *deep learning* serta perbaikan perangkat keras komputer, algoritma deteksi gambar berbasis *deep learning* semakin banyak digunakan dalam penelitian pertanian. Meski demikian, terdapat juga sejumlah kekurangan yang perlu diperhatikan, terutama dalam aplikasi nyata, seperti kesalahan

klasifikasi, ketergantungan pada kualitas data, konsumsi sumber daya komputasi yang tinggi, dan *overfitting*.

Agar sistem deteksi penyakit stroberi berbasis teknologi ini dapat digunakan secara optimal, dibutuhkan integrasi yang kuat antara algoritma, infrastruktur komputasi, dan aksesibilitas yang mudah bagi pengguna. Kombinasi dari teknologi *deep learning*, *cloud computing*, dan *mobile app* memberikan solusi yang tidak hanya akurat tetapi juga praktis bagi petani dan pelaku industri pertanian. Berikut adalah penjelasan mengenai peran masing-masing teknologi tersebut.

1.1.1 *Deep Learning*

Deep Learning adalah cabang dari *machine learning* yang memanfaatkan struktur Jaringan Saraf Tiruan (JST) dengan banyak lapisan untuk mengolah data yang kompleks. Metode ini menciptakan model berlapis yang secara otomatis belajar mengenali pola dalam data, seperti gambar, suara, dan teks. Dalam penerapannya untuk mendeteksi penyakit pada stroberi, model dapat dilatih menggunakan dataset yang berisi berbagai gambar penyakit pada stroberi. Sistem ini mampu mengenali fitur-fitur penting seperti warna, tekstur, dan noda rinci yang menunjukkan tanda-tanda penyakit pada daun, buah, dan bunga. Teknologi ini mendukung pengembangan sistem yang mampu mengenali dan mengidentifikasi penyakit secara cepat dan akurat [5].

Salah satu metode utama yang digunakan dalam *deep learning* untuk mengolah data citra adalah *Convolutional Neural Network* (CNN). CNN dirancang khusus untuk mengenali pola visual dalam gambar, dengan cara mengekstraksi fitur-fitur penting melalui serangkaian lapisan yang bekerja secara berurutan. *Convolutional Layer* digunakan untuk mengekstrak fitur utama dari gambar, seperti tepi atau tekstur yang relevan. Kemudian, *Pooling Layer* menyederhanakan data yang dihasilkan dengan mengurangi dimensi gambar tanpa menghilangkan informasi penting. Terakhir, *Fully Connected Layer* menghubungkan semua neuron dari lapisan sebelumnya untuk menghasilkan prediksi berdasarkan fitur yang telah dipelajari [6]. Dengan kemampuan untuk mengidentifikasi karakteristik penyakit secara otomatis, CNN sangat efektif dalam mendeteksi berbagai jenis penyakit pada tanaman, termasuk pada stroberi, menjadikannya alat yang andal dan efisien dalam aplikasi pertanian modern.

1.1.2 *Cloud Computing*

Cloud computing dapat menjadi solusi efektif dalam pengembangan aplikasi deteksi penyakit pada buah stroberi dengan memanfaatkan sumber daya komputasi yang fleksibel. Teknologi ini dapat meningkatkan efisiensi dalam menganalisis kesehatan tanaman, terutama dalam mendeteksi penyakit pada stroberi. Proses identifikasi penyakit stroberi yang biasanya dilakukan secara manual memerlukan banyak tenaga kerja, waktu yang lama, dan biaya operasional yang tinggi. Dengan dukungan *cloud computing*, yang menawarkan layanan penyimpanan data, infrastruktur, serta platform sebagai layanan (Platform as a Service/PaaS), pengembangan aplikasi deteksi penyakit stroberi menjadi lebih efisien dan efektif.

Cloud computing telah menawarkan solusi yang optimal dalam memenuhi kebutuhan penyimpanan dan pemrosesan data dalam skala besar [7]. Kemampuannya untuk mengakses dan memproses data dalam jumlah besar secara real-time memungkinkan analisis yang lebih cepat dan akurat. Teknologi cloud juga mendukung pemrosesan data secara real-time, memanfaatkan layanan seperti *Cloud Storage* untuk menyimpan gambar penyakit stroberi dan *Cloud Functions* untuk memproses data secara cepat dan efisien. Dengan integrasi arsitektur deep learning seperti *Convolutional Neural Network (CNN)* atau *MobileNet*, model dapat dilatih menggunakan framework seperti *TensorFlow* atau *PyTorch* yang tersedia di platform cloud.

1.1.3 *Mobile Application*

Mobile Application atau aplikasi *mobile* adalah perangkat lunak untuk ponsel pintar dan tablet, memungkinkan berbagai tugas seperti komunikasi, hiburan, dan produktivitas. Aplikasi ini dapat diakses melalui toko aplikasi seperti Google Play Store dan Apple App Store. Terdapat tiga jenis utama aplikasi mobile: aplikasi *native*, yang dirancang khusus untuk platform tertentu (iOS atau Android) dengan performa tinggi; aplikasi *web*, yang diakses melalui browser tanpa instalasi; dan aplikasi *hybrid*, yang menggabungkan teknologi web dengan fitur native untuk kompatibilitas lebih luas [8].

Arsitektur aplikasi mobile terdiri dari beberapa lapisan, seperti *Presentation Layer* (UI/UX) untuk antarmuka pengguna, *Business Logic Layer* untuk operasi inti, *Data Access Layer* untuk penyimpanan dan API, *Networking Layer* untuk komunikasi dengan server, serta *Security Layer* untuk melindungi data. Alat penting termasuk API (*Application Programming Interface*), SDK (*Software Development Kit*), dan desain UI/UX (*User Interface/User*

Experience) yang efektif [9]. Proses pengembangan meliputi perencanaan, desain, pengkodean, pengujian, penerbitan, dan pemeliharaan. Aplikasi menawarkan manfaat seperti kenyamanan dan personalisasi, tetapi menghadapi tantangan seperti kompatibilitas perangkat dan masalah keamanan.

Mobile application telah menjadi hal yang sangat penting dalam berbagai aspek kehidupan, seperti komunikasi, kesehatan, pendidikan, dan lain sebagainya. Sebuah penelitian dalam *Journal of Mobile Computing & Application (IOSR-JMCA)* menunjukkan betapa pentingnya *mobile application* untuk meningkatkan pengalaman pengguna dan model bisnis [10]. Sebuah studi dalam *Smart Learning Environments* (2021) juga menemukan bahwa penggunaan *mobile application* dalam proses pengajaran pada perguruan tinggi dapat meningkatkan keterlibatan mahasiswa dan memperkaya proses belajar [11]. Kemudahan dan dampak dari *mobile application* inilah yang membuat model *deep learning* yang diproses oleh *cloud computing* cocok untuk diimplementasikan ke dalam bentuk sebuah aplikasi yang berbasis di perangkat *mobile*. Aplikasi yang dapat digunakan di perangkat *mobile* ini juga akan memberikan efisiensi dan fleksibilitas pengguna dalam memanfaatkan teknologi ini.

1.2 Analisis Masalah

1.2.1 Aspek Ekonomi

Stroberi adalah salah satu komoditas buah subtropis yang memiliki nilai ekonomi tinggi di Indonesia. Stroberi dikembangkan dikembangkan dalam beberapa sektor, seperti pada sektor perdagangan dan pariwisata. Pada sektor pariwisata dikembangkan menjadi agrowisata. Pentingnya nilai ekonomi stroberi juga didukung oleh penelitian pada sektor agrowisata. Sebuah studi oleh Dera Anggiana Ruspandi dan Ahya Kamilah (2023) mengenai Agrowisata Sweetberry menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi permintaan kunjungan. Hasilnya menunjukkan bahwa agrowisata stroberi memiliki nilai ekonomi yang terukur dan secara signifikan dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti pendapatan pengunjung dan jarak tempuh ke lokasi [12]. Permintaan stroberi tidak hanya datang dari pasar tradisional tetapi juga dari supermarket, kafe, dan restoran. Dengan potensi pasar yang besar, budidaya stroberi menawarkan bisnis yang menguntungkan. Namun, salah satu tantangan utama yang dihadapi petani adalah menjaga kualitas hasil panen [13]. Penyakit pada tanaman stroberi dapat mengurangi hasil panen dan menurunkan kualitas buah yang dihasilkan, menyebabkan kerugian ekonomi karena menurunnya permintaan pasar. Ketika penyakit tidak terdeteksi atau

salah didiagnosis, biaya yang dihasilkan dari pengelolaan penyakit yang tidak efektif juga meningkat, sehingga mempengaruhi biaya produksi secara signifikan.

1.2.2 Aspek Kesehatan

Penggunaan teknologi untuk mendeteksi penyakit tanaman stroberi tidak hanya mengurangi kerugian ekonomi, tetapi juga memiliki dampak signifikan terhadap kesehatan konsumen. Tanpa deteksi penyakit yang akurat, petani cenderung menggunakan bahan kimia seperti pestisida atau fungisida secara berlebihan sebagai tindakan pencegahan. Penggunaan bahan kimia berlebihan ini dapat meninggalkan residu pada buah yang dikonsumsi, yang berpotensi membahayakan kesehatan manusia. Deteksi penyakit yang tepat waktu dan akurat dapat meminimalkan penggunaan bahan kimia, sehingga memastikan buah yang diproduksi lebih sehat dan aman dikonsumsi [14]. Stroberi dikenal memiliki banyak manfaat karena kandungan nutrisinya yang kaya. Kandungan antioksidan yang tinggi di dalamnya berperan penting dalam melindungi struktur sel tubuh serta membantu mencegah kerusakan oksidatif. Manfaat ini, terutama dalam membantu menurunkan tekanan darah dan risiko diabetes, didukung oleh penelitian seperti yang dilakukan oleh Maya Zhabilla Gustin, dkk. (2023). Studi mereka menunjukkan bahwa intervensi gizi yang melibatkan jus stroberi dapat membantu memperbaiki pola makan yang berkaitan dengan kondisi prehipertensi. Penelitian ini terbatas oleh durasi intervensi yang singkat dan metode *purposive sampling*. Pada penelitian yang dilakukan kandungan yang dimiliki oleh stroberi berperan sebagai antioksidan yang membantu melindungi struktur sel dalam tubuh serta membantu mencegah kerusakan oksigen pada organ tubuh manusia. Stroberi juga membantu menurunkan tekanan darah, menurunkan risiko diabetes, dan mampu membantu menangkalkan kanker [15].

1.2.3 Aspek Teknis

Secara teknis, deteksi penyakit stroberi yang akurat membutuhkan teknologi canggih berbasis *deep learning*. Hal tersebut membuat proses identifikasi terhadap penyakit tanaman menjadi lebih cepat dan efisien dibandingkan menggunakan metode yang bersifat langsung dan bersifat subjektif. Akan tetapi, ada beberapa masalah secara teknis yang perlu diselesaikan, seperti keakuratan deteksi yang masih perlu diperbaiki. Contohnya, di lahan dengan pencahayaan dan iklim bervariasi, variasi pencahayaan, cuaca, dan kondisi lingkungan yang tidak seragam seringkali menyebabkan hasil deteksi menjadi kurang optimal, meskipun algoritma tersebut bekerja sangat baik dalam pelatihan model. Dalam melakukan pelatihan

model Teknik yang digunakan dalam perbaikannya dapat menggunakan augmentasi data untuk memperbanyak dataset, sehingga dapat menghasilkan lebih banyak gambar dan mampu meningkatkan ketahanan model berdasarkan hasil penelitian Liu, C. (2024) yang berjudul *Advancing Strawberry Disease Detection in Agriculture: A Transfer Learning Approach with YOLOv5 Algorithm* dengan mengusulkan penggunaan model deep learning berbasis YOLOv5 yang disesuaikan untuk mendeteksi penyakit stroberi. Model ini dilatih menggunakan dataset khusus yang mencakup gambar penyakit stroberi di berbagai kondisi lingkungan. Hasilnya menunjukkan akurasi tinggi dalam mendeteksi penyakit stroberi, dengan model YOLOv5l menampilkan hasil terbaik dengan mean Average Precision (mAP) 0,95, precision 0,97, dan recall 0,98. Keterbatasan model ini adalah dalam hal kebutuhan dataset yang lebih besar dan beragam, serta kesulitan penerapan dalam waktu nyata di lapangan [16]. Selain itu, implementasi teknologi ini juga membutuhkan kapasitas komputasi yang cukup besar, yang mungkin tidak selalu tersedia bagi petani di daerah terpencil. Tantangan lain adalah ketersediaan dataset yang cukup beragam untuk melatih model secara optimal, karena penyakit yang jarang terjadi mungkin kurang terwakili dalam data pelatihan. Tanpa data yang cukup beragam, model dapat mengalami *overfitting*, sehingga hasilnya tidak bisa diandalkan di kondisi nyata.

1.3 Analisa Solusi yang Ada

Dalam mengatasi masalah deteksi penyakit stroberi, terdapat beberapa solusi yang ada dari pendekatan dan teknologi yang sudah dikembangkan. *Convolutional Neural Network* (CNN) adalah salah satu algoritma *deep learning* yang paling terkenal dan paling banyak digunakan untuk deteksi objek dan pengenalan gambar [17]. Dalam deteksi penyakit tanaman, CNN mampu mengenali pola-pola visual yang spesifik pada gambar bagian tanaman yang terinfeksi, seperti perubahan warna atau tekstur yang mana tidak selalu dapat terlihat oleh penglihatan manusia [18]. Selama beberapa tahun belakangan, penggunaan *deep learning* untuk deteksi penyakit stroberi telah mengalami perkembangan pesat. Arsitektur *deep learning* yang lebih canggih seperti MobileNet, EfficientNet, dan ResNet telah diterapkan dalam beberapa studi untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam deteksi penyakit tanaman.

Beberapa penelitian terbaru tentang klasifikasi penyakit tanaman stroberi yang telah menggunakan berbagai arsitektur *deep learning* salah satunya adalah model *Advanced Squeeze-and-Excitation Deep Learning*. Dalam penelitian ini, para peneliti mengembangkan

model baru bernama ResNet9-SE, sebuah varian dari arsitektur ResNet yang dimodifikasi dengan menambahkan dua blok *squeeze and excitation* (SE) [19] yang ditempatkan secara strategis untuk meningkatkan performa model. Model ini diuji menggunakan dataset internal dan publik dengan jumlah kelas yaitu 3 kelas yang terdiri dari sekitar 800 gambar secara keseluruhan. Hasil eksperimen menunjukkan tingkat akurasi yang sangat tinggi, mencapai 99,7%. Namun, meskipun akurasinya tinggi, ada kemungkinan bahwa model mengalami *overfitting* karena penggunaan dataset yang kecil dan kurang beragam, terutama pada dataset internal.

Kemudian ada juga yang mengusulkan penggunaan Vision Transformer (ViT) untuk mendeteksi penyakit pada stroberi. Para peneliti memanfaatkan teknik transfer learning dan *fine-tuning* untuk meningkatkan performa model dalam mengklasifikasikan penyakit pada daun, buah, dan bunga stroberi. Model ViT yang mereka usulkan mencapai akurasi 92,7% dengan F1-score yang sama (0,927), serta berhasil mengungguli beberapa arsitektur CNN seperti VGG16, VGG19, ResNet50V2, dan eNet [20]. Model ini mampu mengklasifikasikan 7 jenis penyakit stroberi, termasuk *blossom blight*, *anthracnose fruit rot*, *powdery mildew*, dan *gray mold* dengan total berjumlah 2.500 gambar. Namun, kelemahan penelitian ini adalah model ViT cenderung mengalami *overfitting* pada dataset yang kecil. Selain itu, pada salah satu skenario eksperimen, performa model menemukan berbagai jenis penyakit, seperti *powdery mildew* dan *anthracnose fruit rot* tergolong rendah, yaitu tingkat klasifikasinya kurang dari 50%.

Ada pun model BerryNet-Lite yang diusulkan oleh Jianping Wang, Zhiyu Li, dan rekan lainnya. Dalam penelitian ini, para peneliti mengembangkan BerryNet-Lite, sebuah jaringan saraf konvolusi ringan yang dirancang untuk mengidentifikasi penyakit stroberi secara akurat dan efisien [21]. Dataset yang digunakan mencakup 7.369 gambar yang dibagi menjadi empat kelas: stroberi sehat, *powdery mildew*, *anthracnose*, dan *gray mold*. Dataset ini terdiri dari 5.895 gambar untuk pelatihan dan 737 gambar untuk pengujian. Hasil eksperimen menunjukkan akurasi yang sangat tinggi, mencapai 99,45%. Namun, meskipun model ini efisien, keterbatasan utamanya adalah dataset yang digunakan hanya berasal dari wilayah tertentu, sehingga model mungkin kurang efektif bila diterapkan di daerah lain dengan kondisi yang berbeda.

Di sisi lain, Shunlong Chen dan rekan-rekannya mengusulkan model YOLOv5, yaitu model yang telah dioptimalkan untuk mendeteksi penyakit stroberi secara real-time [22]. Dataset yang digunakan dalam penelitian ini adalah kumpulan data penyakit *open-source* yang mencakup 2.246 gambar dan dibagi menjadi tujuh kelas penyakit stroberi, termasuk *powdery mildew*, *gray mold*, dan *calcium deficiency* pada daun dan buah. Dataset ini dibagi menjadi tiga bagian untuk pelatihan, validasi, dan pengujian dengan rasio 8:1:1. Model yang diusulkan menggunakan beberapa teknik peningkatan, termasuk penambahan modul GhostConv, operator involusi, modul perhatian CBAM, dan operator CARAFE untuk meningkatkan kemampuan model dalam mengekstraksi fitur penyakit stroberi. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa model yang diusulkan mencapai mAP@0.5 sebesar 94,7% dengan 3,9 juta parameter dan 3,6 G FLOPs. Meskipun hasil deteksi akurat, kelemahan utama dari penelitian ini adalah keterbatasan pada variasi dataset yang digunakan. Dataset hanya mencakup gambar dari lingkungan alam tertentu, sehingga model mungkin kurang mampu menangani gambar dari kondisi lingkungan yang berbeda atau penyakit yang belum terwakili dengan baik dalam dataset ini.

Selanjutnya terdapat hasil penelitian menggunakan model KTD-YOLOv8 untuk mendeteksi penyakit pada daun stroberi secara otomatis [23]. Dataset yang digunakan terdiri dari 823 gambar daun stroberi yang diambil dari kebun stroberi di Kota Ganzhou, Tiongkok, dan mencakup lima jenis penyakit daun. Melalui proses augmentasi data, jumlah gambar meningkat menjadi 5.714, yang kemudian dibagi menjadi tiga bagian: 3.428 gambar untuk pelatihan, 1.143 untuk validasi, dan 1.143 untuk pengujian. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa model KTD-YOLOv8 mampu meningkatkan nilai mAP@0.5 menjadi 89,7% dengan waktu inferensi 12,1 ms, yang lebih baik dibandingkan model YOLOv8 asli. Meskipun model ini menunjukkan performa yang unggul, keterbatasannya terletak pada ukuran dataset yang relatif kecil dan diperoleh dari satu lokasi saja.

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk merancang dan mengembangkan sebuah aplikasi berbasis kecerdasan buatan yang mampu mendeteksi penyakit pada tanaman stroberi secara akurat dan efisien, dengan memanfaatkan kombinasi teknologi MobileNetV2, Edge AI, dan Cloud Computing. Aplikasi ini diharapkan dapat menjadi solusi atas keterbatasan metode

identifikasi penyakit secara manual yang selama ini masih digunakan oleh petani, yang bersifat subjektif dan berpotensi menimbulkan kesalahan.

Secara khusus, tujuan dari pengembangan sistem ini meliputi:

1. Mengembangkan model klasifikasi berbasis MobileNetV2 yang ringan namun tetap akurat dalam mendeteksi enam jenis penyakit tanaman stroberi.
2. Menerapkan pendekatan Hybrid Processing, yaitu integrasi antara inferensi lokal (Edge AI) dan pemrosesan berbasis cloud untuk mengoptimalkan kecepatan, fleksibilitas, dan akurasi sistem.
3. Merancang antarmuka aplikasi mobile yang intuitif dan mudah digunakan oleh petani dan pengguna umum, baik dalam kondisi online maupun offline.
4. Melakukan evaluasi performa sistem berdasarkan metrik akurasi, kecepatan inferensi, kemudahan penggunaan, dan keandalan, guna memastikan sistem dapat diimplementasikan secara nyata di lapangan.

Dengan tercapainya tujuan-tujuan ini, diharapkan aplikasi yang dikembangkan dapat membantu petani dalam melakukan deteksi dini terhadap penyakit tanaman stroberi, sehingga dapat meningkatkan efisiensi budidaya dan mengurangi kerugian akibat serangan penyakit tanaman.

1.5 Batasan Tugas Akhir

Fokus utama dari tugas akhir ini adalah merancang dan mengembangkan sebuah sistem aplikasi mobile fungsional yang mampu mendeteksi penyakit tanaman stroberi secara otomatis menggunakan arsitektur deep learning yang efisien. Sistem ini diimplementasikan dengan kerangka kerja hybrid yang mendukung fungsionalitas deteksi baik secara online (terhubung ke cloud) maupun offline (langsung di perangkat), dengan tujuan memberikan alat bantu diagnosis yang cepat dan mudah diakses bagi pengguna.

Adapun beberapa batasan utama dalam pengembangan proyek ini meliputi: pengembangan aplikasi yang difokuskan hanya untuk platform Android, cakupan deteksi yang terbatas pada sejumlah jenis penyakit yang telah ditentukan sebelumnya, dan tidak mencakup identifikasi hama atau masalah agronomi lainnya. Aplikasi ini berfungsi sebagai alat bantu diagnostik dan tidak memberikan rekomendasi penanganan atau dosis perawatan secara spesifik. Selain itu, kinerja dan akurasi sistem, terutama pada mode offline, bergantung pada spesifikasi perangkat keras pengguna dan kondisi pengambilan gambar di lapangan.