

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara agraris yang memiliki potensi besar di sektor perkebunan, termasuk komoditas pinang (*Areca catechu*) [1]. Tanaman pinang telah lama dikenal dan dimanfaatkan oleh masyarakat sejak dahulu, sebagai bahan dalam pengobatan tradisional. Selain itu, pinang juga memiliki nilai sosial dan budaya yang cukup kuat di beberapa daerah di Indonesia [2]. Seiring perkembangan zaman, pemanfaatan pinang semakin luas, tidak hanya dalam lingkup lokal tetapi juga sebagai komoditas perdagangan [3].

Pinang merupakan salah satu komoditas perkebunan yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan berpotensi untuk dikembangkan secara berkelanjutan. Buah pinang banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku industri, seperti industri pangan, farmasi, kosmetik, serta tekstil [4]. Selain itu, permintaan pasar terhadap pinang, baik dalam negeri maupun luar negeri, terus mengalami peningkatan sehingga menjadikan pinang sebagai salah satu komoditas ekspor yang cukup menjanjikan bagi Indonesia [5].

Dalam proses budidayanya, tanaman pinang memerlukan perawatan yang cukup intensif mulai dari tahap penanaman, pemeliharaan, hingga pascapanen. Kualitas buah pinang sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, seperti kelembapan, suhu, dan kondisi iklim yang dapat memicu perkembangan penyakit tanaman [6]. Berbagai penyakit pada tanaman maupun buah pinang, seperti busuk

buah, infeksi jamur, serta penyakit lain yang disebabkan oleh patogen, dapat menurunkan kualitas dan hasil produksi sehingga diperlukan deteksi serta pengendalian penyakit secara tepat [7].

Identifikasi atau klasifikasi penyakit pada buah pinang umumnya masih dilakukan secara manual oleh petani atau tenaga ahli melalui pengamatan visual terhadap ciri-ciri fisik buah. Proses ini dilakukan dengan cara mengenali gejala-gejala penyakit seperti perubahan warna, munculnya bercak, tekstur yang membusuk, atau adanya jamur pada permukaan buah. Metode ini mengandalkan pengalaman dan pengetahuan individu dalam membedakan jenis penyakit berdasarkan karakteristik visual yang terlihat.

Keterbatasan lainnya adalah kesulitan dalam mendeteksi penyakit pada tahap awal yang gejalanya belum terlihat secara jelas, sehingga berpotensi menyebabkan keterlambatan dalam penanganan dan meningkatkan risiko kerugian. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode yang lebih efektif, akurat, dan efisien dalam melakukan klasifikasi penyakit pada buah pinang.

Seiring dengan perkembangan teknologi, khususnya dalam bidang *Artificial Intelligence (AI)* dan *Computer Vision*, proses identifikasi objek pada citra digital dapat dilakukan secara otomatis dan lebih akurat. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan adalah metode *deep learning* yang mampu mengekstraksi fitur secara otomatis dari data citra [8]. Dalam konteks deteksi objek, metode yang cukup populer dan memiliki performa tinggi adalah *Faster R-CNN*, yang mampu mendeteksi objek sekaligus menentukan lokasi objek menggunakan *bounding box* [9].

Penerapan metode *Faster R-CNN* dalam bidang pertanian telah banyak digunakan untuk mendeteksi penyakit tanaman berdasarkan citra digital. Metode ini mampu melakukan identifikasi penyakit secara otomatis dengan tingkat akurasi yang baik sehingga dapat membantu proses diagnosis menjadi lebih cepat dan efisien. Pemanfaatan sistem deteksi berbasis *deep learning* juga memberikan peluang bagi petani untuk melakukan penanganan penyakit sejak dini sehingga dapat mengurangi risiko penurunan hasil panen dan kerugian akibat serangan penyakit [10].

Selain itu, perkembangan teknologi informasi memungkinkan pembangunan sistem identifikasi penyakit tanaman dalam bentuk aplikasi berbasis *web*. Sistem berbasis *web* dapat mempermudah pengguna dalam melakukan proses identifikasi penyakit serta memperoleh informasi mengenai jenis penyakit dan penanganannya melalui media yang mudah diakses [11]. Dengan adanya aplikasi berbasis *web*, proses identifikasi penyakit buah pinang menjadi lebih praktis, efisien, dan dapat dimanfaatkan oleh berbagai kalangan pengguna.

Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan klasifikasi penyakit tanaman menggunakan metode *deep learning* telah banyak dilakukan. Salah satu penelitian berjudul “*Application Of Faster R-CNN Deep learning Method For Rice Plant Disease Detection*”, menunjukkan bahwa penggunaan *Faster R-CNN* mampu mencapai tingkat akurasi sebesar 88% dalam mengenali dan mengklasifikasikan penyakit tanaman padi [10].

Penelitian lain dengan judul “*RTF-RCNN: An Architecture for Real-Time Tomato Plant Leaf Diseases Detection in Video Streaming Using Faster-RCNN*”

mengembangkan sistem deteksi penyakit daun tomat secara *real-time* menggunakan metode *Faster R-CNN*. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa *Faster R-CNN* mampu mendeteksi berbagai jenis penyakit tanaman dengan baik pada citra maupun video sehingga berpotensi diterapkan sebagai sistem deteksi penyakit tanaman secara otomatis [12].

Selanjutnya, penelitian dengan judul “*Implementasi Metode Faster R-CNN Untuk Deteksi Penyakit Tanaman Mentimun Melalui Citra Daun*”. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa metode *Faster R-CNN* dengan arsitektur *ResNet-50* mampu mendeteksi penyakit tanaman mentimun dengan performa yang baik dan stabil. Hasil evaluasi memperoleh rata-rata *accuracy* sebesar 86%, *precision* 87%, *recall* 88%, dan *F1-score* 87%, sehingga membuktikan bahwa metode *Faster R-CNN* efektif digunakan dalam proses deteksi penyakit tanaman berbasis citra digital secara otomatis [13].

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan teknologi *deep learning* khususnya metode *Faster R-CNN* dalam mendeteksi penyakit buah pinang memiliki potensi yang besar untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam proses identifikasi penyakit. Oleh karena itu, penelitian ini mengangkat judul “Sistem Klasifikasi Penyakit Buah Pinang Menggunakan Metode *Faster R-CNN* Berbasis Web” sebagai solusi untuk membantu proses identifikasi penyakit buah pinang secara otomatis, cepat, dan akurat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka dapat dirumuskan suatu masalah pada penelitian ini, yaitu “Bagaimana merancang dan

membangun sistem klasifikasi penyakit buah pinang menggunakan metode *Faster R-CNN* berbasis web?”

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membangun sistem klasifikasi penyakit buah pinang menggunakan metode *Faster R-CNN* berbasis web.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini, yaitu :

1. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Faster R-CNN* untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan penyakit pada buah pinang (*Areca catechu*).
2. *Dataset* yang digunakan berupa citra buah pinang yang terdiri dari beberapa kategori penyakit, yaitu busuk buah, antraknosa, jamur putih, dan bercak buah, dimana setiap kategori terdiri dari 1000 citra sebagai data latih dan data uji.
3. Proses pelatihan model dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *Python* pada platform *Google Colab*.
4. Sistem tidak hanya berfokus pada proses deteksi dan klasifikasi penyakit, tetapi juga memberikan informasi berupa definisi serta solusi penanganan berdasarkan jenis penyakit yang terdeteksi.
5. Output sistem berupa hasil deteksi objek dengan *bounding box*, label klasifikasi, nilai *confidence score*, serta informasi rekomendasi penanganan penyakit.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu untuk memberikan kemudahan dalam mengidentifikasi penyakit pada buah pinang secara otomatis menggunakan metode *Faster R-CNN* berbasis *web*.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini terdiri dari pokok-pokok permasalahan yang dibahas dan diuraikan menjadi beberapa bagian :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan. Komponen ini disusun untuk memberikan gambaran awal mengenai pentingnya penelitian klasifikasi penyakit buah pinang menggunakan metode *Faster R-CNN* berbasis *web* sebagai solusi dalam meningkatkan akurasi dan efisiensi identifikasi penyakit pada buah pinang.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini mengulas berbagai teori dan konsep yang relevan, seperti pengolahan citra digital, kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*), *Computer Vision*, *deep learning*, serta arsitektur dan penerapan *Convolutional Neural Network (CNN)* dan *Faster R-CNN*. Selain itu, bab ini juga memuat kajian terhadap beberapa penelitian terdahulu yang berhubungan dengan klasifikasi penyakit tanaman, deteksi objek, serta implementasi sistem berbasis *web*.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode penelitian yang digunakan, meliputi jenis dan pendekatan penelitian, teknik pengumpulan data, proses pengolahan *dataset* citra buah pinang, metode *Faster R-CNN* yang diusulkan, tahapan pelatihan model, serta rancangan pengujian sistem. Penjabaran pada bab ini menjadi dasar dalam pelaksanaan penelitian secara sistematis dan terstruktur.

BAB 4 ANALISA DAN PERANCANGAN

Bab ini membahas hasil analisis kebutuhan sistem serta perancangan sistem klasifikasi penyakit buah pinang berbasis *web*. Pembahasan meliputi alur kerja sistem, proses pengolahan citra, arsitektur model *Faster R-CNN* yang digunakan, serta desain antarmuka pengguna (*user interface*). Selain itu, dijelaskan pula bagaimana sistem dirancang untuk mampu melakukan deteksi dan klasifikasi penyakit secara otomatis.

BAB 5 IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Bab ini berisi implementasi sistem klasifikasi penyakit buah pinang menggunakan metode *Faster R-CNN* berbasis *web* yang telah dirancang. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi performa sistem dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan penyakit berdasarkan citra yang diinputkan. Evaluasi menggunakan *metrik* seperti akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-score*. Bab ini juga menyajikan analisis terhadap hasil pengujian serta efektivitas metode yang digunakan.

BAB 6 PENUTUP

Bab ini merupakan penutup dari laporan tugas akhir yang berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, serta saran-saran yang dapat dijadikan sebagai acuan dalam pengembangan penelitian selanjutnya, baik dari segi metode, *dataset*, maupun pengembangan sistem klasifikasi berbasis kecerdasan buatan di bidang pertanian.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Buah Pinang

Buah pinang merupakan salah satu komoditas perkebunan yang memiliki nilai ekonomi penting di Indonesia. Komoditas ini banyak dibudidayakan oleh masyarakat dan menjadi salah satu sumber pendapatan petani, terutama di daerah sentra produksi pinang [14]. Selain memenuhi kebutuhan dalam negeri, biji pinang juga menjadi salah satu komoditas ekspor Indonesia yang memiliki daya saing di pasar internasional. Oleh karena itu, kualitas hasil panen menjadi salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan agar mampu memenuhi kebutuhan pasar dan mempertahankan daya saing produk [15].

Secara morfologi, buah pinang (*Areca catechu* L.) termasuk tipe buah batu (*drupe*) yang memiliki bentuk bulat telur hingga memanjang. Buah pinang berwarna hijau ketika masih muda dan berubah menjadi kuning hingga oranye saat mencapai tingkat kematangan. Struktur buah pinang terdiri atas lapisan luar (*epicarp*), lapisan tengah (*mesocarp*) yang berserabut, serta lapisan dalam (*endocarp*) yang membungkus biji sebagai bagian utama yang dimanfaatkan. Karakteristik morfologi tersebut menjadi salah satu indikator dalam membedakan tingkat kematangan maupun kondisi fisik buah pinang [16].

Namun demikian, dalam proses budidaya, tanaman pinang rentan terhadap serangan berbagai penyakit yang dapat memengaruhi produktivitas dan kualitas hasil panen. Salah satu penyakit yang paling merusak adalah busuk buah (*fruit rot*

disease) yang menyebabkan pembusukan buah, kerusakan jaringan, serta kehilangan hasil secara kuantitatif dan kualitatif sehingga menimbulkan kerugian ekonomi bagi petani [17].

2.2 Penyakit Buah Pinang

Penyakit pada buah pinang merupakan salah satu faktor yang dapat menurunkan kualitas dan hasil produksi dalam sektor perkebunan. Salah satu penyakit utama yang menyerang tanaman pinang adalah busuk buah (*fruit rot disease*) yang disebabkan oleh patogen *Phytophthora meadii*. Serangan penyakit tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada buah sehingga mengakibatkan kehilangan hasil secara kuantitatif maupun kualitatif serta menimbulkan kerugian ekonomi bagi petani [17].

Gejala penyakit pada buah pinang dapat diamati melalui perubahan visual pada permukaan buah. Salah satu gejala yang umum ditemukan adalah munculnya lesi berwarna gelap pada permukaan buah yang kemudian berkembang hingga menyebabkan pembusukan. Pada tingkat serangan yang lebih parah, penyakit dapat menyebabkan kerusakan jaringan buah dan gugurnya buah sebelum dipanen [17].

Perkembangan teknologi, khususnya di bidang *deep learning*, telah mendorong penerapan berbagai metode otomatis untuk mendeteksi penyakit tanaman. Pemanfaatan teknologi *deep learning* menjadi salah satu pendekatan yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem deteksi penyakit tanaman berbasis citra digital [18].

2.2.1 Penyakit Busuk Buah (*Fruit Rot Disease*)

Penyakit busuk buah (*Fruit Rot Disease*) merupakan salah satu penyakit paling merusak yang menyerang tanaman pinang (*Areca catechu* L.) dan menjadi penyebab utama penurunan produksi pada daerah sentra budidaya pinang. Penyakit ini disebabkan oleh patogen oomycete *Phytophthora meadii* McRae yang menginfeksi buah sejak tahap awal perkembangan. Infeksi patogen menyebabkan kerusakan pada buah sehingga menurunkan kualitas dan kuantitas hasil panen serta mengakibatkan kerugian ekonomi bagi petani [17].

Gejala penyakit busuk buah diawali dengan munculnya lesi berwarna hijau gelap hingga kecokelatan yang tampak basah pada permukaan buah, terutama di sekitar bagian *perianth*. Seiring perkembangan infeksi, lesi menyebar secara bertahap hingga menutupi seluruh permukaan buah dan menyebabkan terjadinya pembusukan. Pada tingkat serangan yang lebih berat, penyakit ini dapat mengakibatkan gugurnya buah sebelum dipanen sehingga menurunkan produktivitas tanaman pinang secara signifikan [19].

Pengendalian penyakit busuk buah dapat dilakukan melalui penerapan pengelolaan penyakit secara terpadu. Beberapa upaya yang dapat dilakukan meliputi penggunaan fungisida yang efektif sesuai rekomendasi, sanitasi kebun dengan membuang buah yang telah terinfeksi, serta pengelolaan kondisi lingkungan untuk mengurangi kelembapan yang mendukung perkembangan patogen. Selain itu, waktu aplikasi fungisida yang tepat juga berpengaruh terhadap efektivitas pengendalian penyakit sehingga dapat menekan penyebaran penyakit dan mempertahankan hasil produksi tanaman pinang [19].



Gambar 2. 1 Penyakit Busuk Buah.

2.2.2 Penyakit Antraknosa (*Anthracnose*)

Penyakit antraknosa merupakan penyakit tanaman yang disebabkan oleh jamur patogen dari genus *Colletotrichum*. infeksi yang terjadi pada tahap pascapanen atau pematangan buah merupakan penyebab utama kerugian ekonomi yang signifikan dan menurunkan kualitas hasil panen [20].

Gejala antraknosa umumnya diawali dengan munculnya bercak kecil berwarna coklat yang berkembang menjadi bercak berwarna coklat tua hingga hitam dengan bentuk tidak beraturan. Perkembangan penyakit antraknosa umumnya terjadi di lahan pada fase pembungaan dan pembentukan buah, faktor yang memengaruhi infeksi antara lain kelembapan, suhu, dan kondisi buah [20].

Pengendalian penyakit antraknosa umumnya dilakukan melalui aplikasi fungisida yang telah lama digunakan untuk menghambat pertumbuhan jamur *Colletotrichum spp.* seperti golongan benzimidazol (*tiabendazol*, *benomil*, dan *karbendazim*) serta penghambat biosintesis sterol (*imazalil*, *prokloraz*, dan *propikonazol*). Fungisida tersebut biasanya diaplikasikan melalui metode penyemprotan atau pencelupan dan terbukti efektif dalam menekan perkembangan penyakit [20].



Gambar 2. 2 Penyakit Antraknosa.

2.2.3 Penyakit Jamur Putih (*White Mycelial Growth*)

Penyakit jamur putih (*White Mycelial Growth*) pada buah pinang merupakan gejala lanjut dari penyakit *Fruit Rot Disease (FRD)* atau busuk buah yang disebabkan oleh patogen oomycete *Phytophthora meadii*. Penyakit ini termasuk salah satu penyakit paling merugikan pada tanaman pinang karena berkembang dengan cepat pada kondisi lembap, terutama selama musim hujan, sehingga menyebabkan kerusakan buah dan penurunan hasil panen secara signifikan [19].

Gejala awal penyakit ditandai dengan munculnya bercak kebasah-basahan (*water-soaked lesions*) berwarna hijau tua hingga kecokelatan pada permukaan buah, terutama di sekitar bagian kelopak (*calyx*). Seiring berkembangnya infeksi, lesi menyebar hingga menutupi seluruh permukaan buah dan kemudian terbentuk massa miselium putih (*white mycelial mat*) yang menyerupai kapas. Pada tahap lanjut, jaringan buah mengalami pembusukan, melunak, dan akhirnya buah gugur sebelum mencapai kematangan [19].

Pengendalian penyakit dilakukan melalui penerapan sanitasi kebun dengan mengumpulkan dan memusnahkan buah yang terinfeksi untuk mengurangi

sumber inokulum. Selain itu, aplikasi fungisida berbahan aktif *Bordeaux mixture*, *Copper oxychloride*, atau kombinasi *Metalaxyl* + *Mancozeb* sebelum dan selama musim hujan terbukti efektif menekan perkembangan penyakit busuk buah pada tanaman pinang [17].



Gambar 2. 3 Penyakit Jamur Putih.

2.2.4 Penyakit Bercak Buah (*Fruit Spot Disease*)

Penyakit Bercak buah merupakan gejala awal infeksi penyakit antraknosa pada berbagai tanaman buah yang disebabkan oleh jamur dari genus *Colletotrichum*. Infeksi umumnya dimulai ketika spora jamur menempel pada permukaan buah, kemudian berkecambah dan menembus jaringan buah melalui kutikula, luka, atau bukaan alami [20].

Gejala awal ditandai dengan munculnya bercak kecil berwarna cokelat hingga kehitaman pada permukaan buah. Seiring perkembangan infeksi, bercak akan semakin membesar, berbentuk cekung, dan berkembang menjadi lesi nekrosis yang merupakan ciri khas penyakit antraknosa. Pada kondisi lanjut, bercak-bercak tersebut dapat menyatu sehingga menurunkan kualitas dan nilai jual buah [20].

Penanganan bercak buah dengan mengaplikasi fungisida sesuai rekomendasi dapat dilakukan sebagai tindakan preventif maupun kuratif pada awal infeksi. Beberapa penelitian juga melaporkan bahwa pemanfaatan agen hayati dan senyawa alami memiliki potensi sebagai alternatif pengendalian yang lebih ramah lingkungan dalam menekan perkembangan *Colletotrichum spp.* pada buah-buahan tropis [20].



Gambar 2. 4 Penyakit Bercak Buah.

2.3 Klasifikasi

Klasifikasi adalah proses menemukan model yang dapat membagi data berdasarkan kelas, dan dibagi menjadi dua fase: fase pelatihan (*learning*) dan pengujian (*testing*) untuk memahami bagaimana kategori data diketahui meningkat. Fase penilaian eksposur model merupakan hasil dari fase pelatihan yang menggunakan data baru sebagai data uji. Hasil dari fase ini adalah tingkat akurasi/kinerja model saat memprediksi data kelas yang tidak diketahui, khususnya data uji [21].

Dalam konteks pengolahan citra digital, klasifikasi dilakukan dengan cara mengekstraksi fitur-fitur penting dari citra, seperti warna, tekstur, dan bentuk, yang kemudian digunakan sebagai dasar dalam menentukan kategori objek. Metode klasifikasi modern umumnya menggunakan pendekatan *deep learning*,

seperti *Convolutional Neural Network (CNN)*, yang mampu secara otomatis mempelajari fitur dari data tanpa perlu ekstraksi fitur secara manual. Hal ini membuat proses klasifikasi menjadi lebih akurat dan efisien dibandingkan metode tradisional [22].

Pada penelitian ini, klasifikasi digunakan untuk menentukan kondisi buah pinang berdasarkan citra yang diinputkan ke dalam sistem, seperti buah sehat atau buah yang terinfeksi penyakit. Proses klasifikasi dilakukan menggunakan metode *Faster R-CNN* yang tidak hanya mampu mendeteksi objek, tetapi juga mengklasifikasikan objek tersebut ke dalam kategori tertentu[23].

2.4 Artificial Intelligence (AI)

Artificial Intelligence merupakan salah satu cabang ilmu komputer yang berfokus pada pengembangan sistem yang mampu meniru kemampuan kognitif manusia, seperti berpikir, belajar, dan mengambil keputusan. Teknologi ini memungkinkan komputer untuk mengolah data dalam jumlah besar dan menemukan pola tertentu yang dapat digunakan sebagai dasar dalam proses pengambilan keputusan. Dalam perkembangannya, *AI* telah menjadi salah satu teknologi utama yang digunakan dalam berbagai bidang, termasuk kesehatan, industri, dan pertanian[24].

Konsep dasar *AI* melibatkan penggunaan algoritma yang mampu melakukan pembelajaran dari data atau yang dikenal dengan istilah *Machine Learning*. Dengan adanya pembelajaran ini, sistem dapat meningkatkan kinerjanya secara bertahap seiring dengan bertambahnya data yang diproses. Dalam konteks pengolahan citra, *AI* digunakan untuk mengenali pola visual,

mengklasifikasikan objek, serta mendeteksi kondisi tertentu berdasarkan karakteristik yang terdapat pada gambar[25].

Dalam bidang pertanian, penerapan *AI* memberikan kontribusi yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Teknologi ini dapat digunakan untuk mendeteksi penyakit tanaman, memantau pertumbuhan, serta mengoptimalkan proses panen[26].

2.5 *Computer Vision*

Computer Vision merupakan salah satu bidang dalam kecerdasan buatan yang berfokus pada kemampuan komputer untuk memahami dan menginterpretasikan informasi visual dari gambar atau video. Teknologi ini memungkinkan sistem untuk mengenali objek, mendeteksi pola, serta melakukan analisis terhadap citra digital secara otomatis. *Computer Vision* telah berkembang pesat seiring dengan meningkatnya kemampuan komputasi dan ketersediaan data dalam jumlah besar[27].

Dalam implementasinya, *Computer Vision* memanfaatkan berbagai teknik seperti pengolahan citra digital, ekstraksi fitur, serta algoritma pembelajaran mesin untuk menganalisis gambar. Proses ini melibatkan beberapa tahapan, mulai dari pengambilan citra, *preprocessing*, hingga analisis dan interpretasi hasil[28]. Dengan adanya teknologi ini, komputer dapat melakukan tugas yang sebelumnya hanya dapat dilakukan oleh manusia, seperti mengenali objek dalam gambar.

Pada penelitian ini, *Computer Vision* digunakan sebagai dasar dalam membangun sistem klasifikasi penyakit buah pinang. Dengan memanfaatkan citra digital, sistem dapat mendeteksi dan mengklasifikasikan kondisi buah berdasarkan

karakteristik visual yang terdapat pada gambar. Hal ini menjadikan *Computer Vision* sebagai komponen penting dalam pengembangan sistem berbasis deteksi objek[29].

2.6 Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital merupakan suatu teknik yang digunakan untuk memproses dan menganalisis gambar menggunakan komputer sehingga menghasilkan informasi yang lebih bermakna. Citra digital terdiri dari kumpulan piksel yang masing-masing memiliki nilai intensitas tertentu yang dapat diolah untuk berbagai keperluan analisis. Teknologi ini banyak digunakan dalam berbagai bidang, seperti medis, industri, serta pertanian[30].

Proses pengolahan citra digital melibatkan beberapa tahapan penting, antara lain *preprocessing* dan klasifikasi. Tahapan *preprocessing* bertujuan untuk meningkatkan kualitas citra.[31].

Dalam konteks penelitian ini, pengolahan citra digital digunakan untuk mempersiapkan data sebelum dilakukan proses deteksi menggunakan metode *deep learning*[32].

2.7 Deep learning

Deep learning merupakan salah satu metode dalam *Machine Learning* yang menggunakan jaringan saraf tiruan dengan banyak lapisan untuk mempelajari pola dalam data. Metode ini mampu menangani data dalam jumlah besar dan kompleks, sehingga sangat efektif dalam berbagai aplikasi, khususnya dalam pengolahan citra dan pengenalan pola[33].

Keunggulan utama *deep learning* terletak pada kemampuannya dalam melakukan ekstraksi fitur secara otomatis tanpa memerlukan intervensi manusia. Hal ini berbeda dengan metode tradisional yang memerlukan proses ekstraksi fitur secara manual. Dengan demikian, *deep learning* mampu menghasilkan model yang lebih akurat dan efisien[34].

Dalam penelitian ini, *deep learning* digunakan sebagai pendekatan utama dalam membangun sistem klasifikasi penyakit buah pinang. Metode ini memungkinkan sistem untuk belajar dari *dataset* citra yang telah dikumpulkan dan menghasilkan model yang mampu mendeteksi penyakit secara otomatis[35].

2.8 Convolutional Neural Network (CNN)

Convolutional Neural Network (CNN) merupakan salah satu arsitektur dalam *deep learning* yang dirancang khusus untuk mengolah data berbentuk citra atau gambar. *CNN* bekerja dengan meniru cara kerja sistem visual manusia dalam mengenali pola dan objek. Arsitektur *CNN* terdiri dari beberapa lapisan utama, seperti *convolution layer*, *pooling layer*, dan *fully connected layer*, yang masing-masing memiliki fungsi dalam mengekstraksi dan mengolah fitur dari citra[36].

Pada *convolution layer*, proses yang dilakukan adalah mengaplikasikan filter atau kernel pada citra untuk menghasilkan *feature map* yang berisi informasi penting dari gambar, seperti tepi, tekstur, dan pola. Selanjutnya, *pooling layer* digunakan untuk mengurangi dimensi data sehingga mempercepat proses komputasi dan mengurangi risiko *overfitting*. Tahapan terakhir adalah *fully connected layer* yang berfungsi untuk melakukan klasifikasi berdasarkan fitur yang telah diekstraksi sebelumnya[37].

CNN memiliki keunggulan dalam hal akurasi dan efisiensi dalam pengolahan citra dibandingkan metode tradisional. Oleh karena itu, *CNN* banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pengenalan wajah, deteksi objek, serta klasifikasi penyakit tanaman[38].

2.9 Object Detection

Object Detection merupakan salah satu teknik dalam bidang *Computer Vision* yang bertujuan untuk mendeteksi dan mengidentifikasi objek dalam suatu gambar atau video. Berbeda dengan klasifikasi citra yang hanya menentukan label suatu gambar, *Object Detection* juga menentukan lokasi objek dalam bentuk *bounding box*. Dengan demikian, sistem tidak hanya mengetahui objek apa yang ada dalam gambar, tetapi juga di mana posisi objek tersebut berada[39].

Dalam proses *Object Detection*, terdapat dua tahapan utama, yaitu *region proposal* dan klasifikasi objek. *Region proposal* bertujuan untuk menentukan area yang kemungkinan mengandung objek, sedangkan klasifikasi digunakan untuk menentukan jenis objek tersebut. Metode *Object Detection* modern umumnya menggunakan pendekatan *deep learning* yang mampu menghasilkan deteksi yang lebih akurat dan cepat[40].

Penerapan *Object Detection* dalam bidang pertanian telah banyak dilakukan, terutama dalam mendeteksi penyakit tanaman, buah, dan daun berdasarkan citra digital. Dalam penelitian ini, *Object Detection* digunakan untuk mendeteksi bagian buah pinang yang mengalami penyakit serta menentukan jenis penyakit berdasarkan karakteristik visualnya[41].

2.10 *Faster R-CNN*

Faster R-CNN merupakan salah satu metode *Object Detection* berbasis *deep learning* yang dikembangkan untuk meningkatkan kecepatan dan akurasi dalam proses deteksi objek. Metode ini merupakan pengembangan dari *R-CNN* dan *Fast R-CNN* dengan menambahkan komponen *Region Proposal Network (RPN)* yang berfungsi untuk menghasilkan kandidat objek secara otomatis[42].

Pada *Faster R-CNN*, proses deteksi objek dilakukan dalam satu jaringan terpadu yang terdiri dari dua bagian utama, yaitu *RPN* dan jaringan klasifikasi. *RPN* bertugas untuk menghasilkan proposal wilayah yang kemungkinan mengandung objek, sedangkan jaringan klasifikasi digunakan untuk menentukan jenis objek dan lokasi *bounding box*[43].

Keunggulan *Faster R-CNN* terletak pada kemampuannya dalam menghasilkan deteksi dengan tingkat akurasi yang tinggi serta waktu pemrosesan yang relatif cepat. Metode ini telah banyak digunakan dalam berbagai penelitian yang berkaitan dengan deteksi objek berbasis citra, termasuk dalam bidang pertanian[44].

2.11 *Web*

Web merupakan salah satu teknologi yang memungkinkan penyampaian informasi melalui jaringan internet dalam bentuk halaman yang dapat diakses menggunakan *browser*. Teknologi *web* dibangun menggunakan berbagai komponen utama seperti *HTML (HyperText Markup Language)* sebagai struktur halaman, *CSS (Cascading Style Sheets)* untuk pengaturan tampilan, serta *JavaScript* untuk menambahkan interaktivitas. Selain itu, sistem *web* juga

didukung oleh *backend* yang berfungsi untuk mengelola data dan logika aplikasi[45].

Dalam perkembangannya, *web* tidak hanya digunakan sebagai media informasi, tetapi juga sebagai *platform* untuk membangun sistem aplikasi yang kompleks, termasuk sistem berbasis kecerdasan buatan. Dengan adanya teknologi *web*, pengguna dapat mengakses sistem tanpa perlu melakukan instalasi khusus, sehingga memberikan kemudahan dan fleksibilitas dalam penggunaan. Hal ini menjadikan *web* sebagai salah satu solusi yang efektif dalam pengembangan aplikasi berbasis teknologi modern[46].

Pada penelitian ini, *web* digunakan sebagai media implementasi sistem klasifikasi penyakit buah pinang yang telah dikembangkan menggunakan metode *Faster R-CNN*. Pengguna dapat mengunggah citra buah pinang melalui antarmuka *web*, kemudian sistem akan memproses citra tersebut dan menampilkan hasil klasifikasi secara otomatis[47].

2.12 Dataset

Dataset merupakan sekumpulan data yang digunakan sebagai bahan utama dalam proses pelatihan dan pengujian model pada sistem berbasis kecerdasan buatan. Dalam konteks pengolahan citra, *dataset* biasanya berupa kumpulan gambar yang telah diberi label sesuai dengan kategori tertentu[48]. *Dataset* yang berkualitas akan sangat mempengaruhi kinerja model, karena model akan belajar mengenali pola berdasarkan data yang diberikan.

Dalam pengembangan sistem berbasis *deep learning*, *dataset* harus memiliki variasi yang cukup agar model dapat mengenali objek dalam berbagai

kondisi[49]. Variasi tersebut meliputi pencahayaan, sudut pengambilan gambar, latar belakang, serta kondisi objek. Selain itu, proses anotasi data juga menjadi faktor penting, terutama dalam metode *Object Detection* seperti *Faster R-CNN* yang memerlukan penandaan *bounding box* pada setiap objek yang terdeteksi[23].

2.13 Unified Modeling Language (UML)

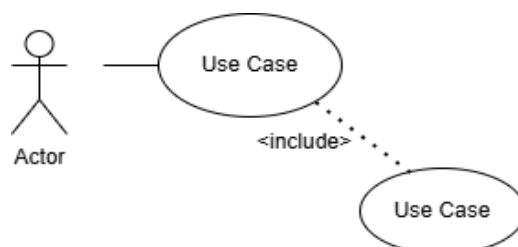
Unified Modeling Language (UML) merupakan bahasa pemodelan standar yang digunakan dalam rekayasa perangkat lunak untuk menggambarkan, merancang, dan mendokumentasikan sistem. *UML* menyediakan berbagai jenis diagram yang dapat digunakan untuk memvisualisasikan struktur maupun perilaku sistem secara sistematis[50]. Dengan menggunakan *UML*, pengembang dapat memahami alur kerja sistem sebelum tahap implementasi dilakukan, sehingga dapat meminimalisir kesalahan dalam pengembangan perangkat lunak.

UML terdiri dari berbagai jenis diagram yang masing-masing memiliki fungsi tertentu dalam proses perancangan sistem. Diagram tersebut digunakan untuk menggambarkan interaksi pengguna, alur proses, serta struktur sistem yang akan dibangun[51]. Dalam penelitian ini, beberapa diagram *UML* yang digunakan antara lain *use case diagram*, *class diagram*, *activity diagram*, dan *sequence diagram* sebagai alat bantu dalam merancang sistem klasifikasi penyakit buah pinang berbasis *web*[52].

2.13.1 Use Case Diagram

Use Case Diagram merupakan diagram *UML* yang digunakan untuk menggambarkan interaksi antara aktor (pengguna) dengan sistem. Diagram ini menunjukkan fungsi-fungsi utama yang dapat dilakukan oleh pengguna terhadap

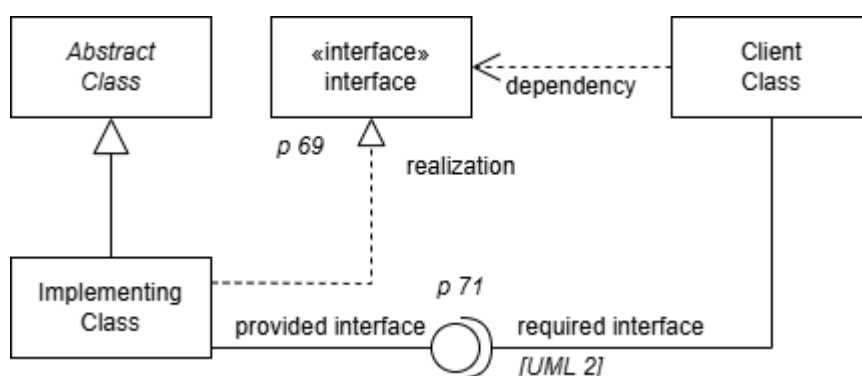
sistem, sehingga memberikan gambaran umum mengenai kebutuhan sistem dari sudut pandang pengguna[53]. Dalam penelitian ini, *use case diagram* digunakan untuk menggambarkan interaksi pengguna dengan sistem klasifikasi penyakit buah pinang berbasis *web*.



Gambar 2. 5 Contoh Use Case Diagram [54].

2.13.2 Class Diagram

Class diagram merupakan diagram *UML* yang digunakan untuk menggambarkan struktur statis sistem, termasuk kelas, atribut, metode, serta hubungan antar kelas. Diagram ini memberikan gambaran mengenai bagaimana data dan fungsi dalam sistem diorganisasikan[55].

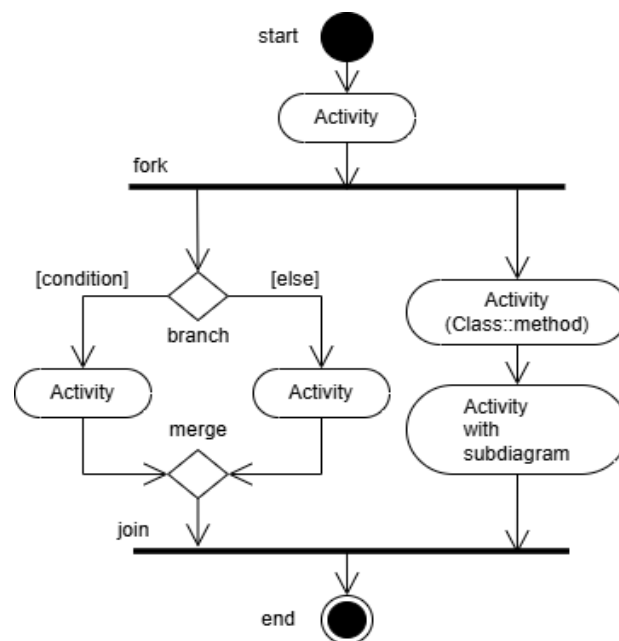


Gambar 2. 6 Contoh Class Diagram [54].

2.13.3 Activity Diagram

Activity Diagram merupakan diagram *UML* yang digunakan untuk menggambarkan alur aktivitas atau proses yang terjadi dalam suatu sistem. Diagram ini menunjukkan urutan langkah-langkah yang dilakukan mulai dari

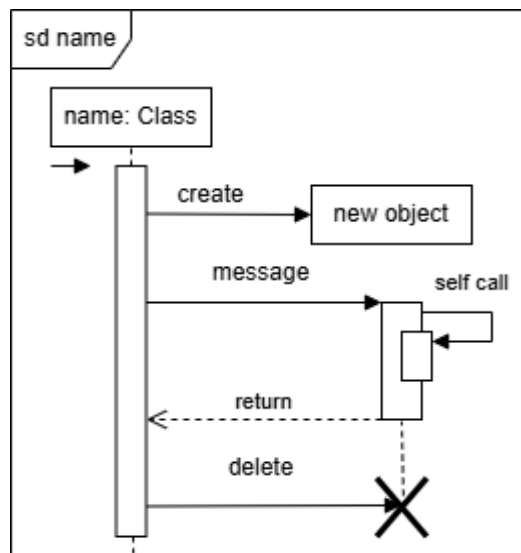
awal hingga akhir proses, termasuk kondisi percabangan yang mungkin terjadi[56]. Dalam penelitian ini, *activity diagram* digunakan untuk menjelaskan alur proses sistem klasifikasi.



Gambar 2. 7 Contoh Activity Diagram [54].

2.13.4 Sequence Diagram

Sequence Diagram merupakan diagram *UML* yang digunakan untuk menggambarkan urutan interaksi antar objek dalam sistem berdasarkan waktu. Diagram ini menunjukkan bagaimana objek saling berkomunikasi melalui pesan untuk menjalankan suatu fungsi tertentu[57]. Dalam penelitian ini, *sequence diagram* digunakan untuk menggambarkan alur komunikasi antara pengguna, sistem *web*, dan model klasifikasi dalam proses deteksi penyakit buah pinang.



Gambar 2. 8 Contoh *Sequence diagram* [54].

2.14 Draw.io

Draw.io merupakan salah satu perangkat lunak berbasis *web* yang digunakan untuk membuat berbagai jenis diagram, seperti *flowchart*, diagram *UML*, serta perancangan sistem lainnya. *Draw.io* menyediakan antarmuka yang mudah digunakan dengan fitur *drag-and-drop* sehingga memudahkan pengguna dalam menyusun diagram secara visual. Selain itu, *Draw.io* juga mendukung penyimpanan berbasis *cloud* maupun lokal, sehingga fleksibel digunakan dalam berbagai kebutuhan pengembangan sistem[58].

Dalam proses rekayasa perangkat lunak, penggunaan tools seperti *Draw.io* sangat penting untuk membantu memvisualisasikan alur sistem dan struktur aplikasi yang akan dibangun. Diagram yang dihasilkan, seperti *use case diagram*, *activity diagram*, dan *flowchart*, dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai interaksi pengguna dengan sistem serta proses yang terjadi di dalam sistem[51].

Pada penelitian ini, *Draw.io* digunakan sebagai alat bantu dalam merancang diagram sistem klasifikasi penyakit buah pinang berbasis *web*. Dengan menggunakan *Draw.io*, perancangan sistem menjadi lebih terstruktur dan mudah dipahami, sehingga mendukung keberhasilan implementasi sistem secara keseluruhan[59].

2.15 *Python*

Python merupakan salah satu bahasa pemrograman tingkat tinggi yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem berbasis kecerdasan buatan dan pengolahan data. *Python* memiliki sintaks yang sederhana dan mudah dipahami, sehingga banyak digunakan oleh peneliti maupun pengembang dalam membangun aplikasi berbasis *Machine Learning* dan *deep learning*[60]. Selain itu, *Python* juga memiliki komunitas yang besar serta dukungan pustaka (*library*) yang sangat lengkap.

Dalam bidang pengolahan citra dan *deep learning*, *Python* didukung oleh berbagai *library* populer seperti *OpenCV* untuk pengolahan citra, serta *TensorFlow* dan *PyTorch* untuk membangun model kecerdasan buatan. *Library-library* tersebut memungkinkan pengembang untuk melakukan proses pelatihan model, pengolahan data, serta evaluasi dengan lebih efisien dan cepat. Hal ini menjadikan *Python* sebagai salah satu bahasa utama dalam pengembangan sistem berbasis AI[61].

Dalam penelitian ini, *Python* digunakan sebagai bahasa pemrograman utama dalam membangun sistem klasifikasi penyakit buah pinang. *Python* digunakan untuk mengolah *dataset* citra, melatih model *Faster R-CNN*, serta

mengintegrasikan model ke dalam sistem berbasis *web*. Dengan menggunakan *Python*, proses pengembangan sistem menjadi lebih fleksibel dan efisien[62].

2.16 *Google Colab*

Google Colab merupakan *platform* berbasis *cloud* yang disediakan oleh *Google* untuk menjalankan kode *Python* secara *online* tanpa perlu melakukan instalasi di perangkat lokal. *Google Colab* menyediakan lingkungan kerja berupa notebook interaktif yang memungkinkan pengguna untuk menulis, menjalankan, dan mendokumentasikan kode dalam satu tempat. *Platform* ini sangat populer dalam pengembangan *Machine Learning* karena menyediakan akses ke *GPU* dan *TPU* secara gratis[63].

Keunggulan utama *Google Colab* adalah kemudahan dalam penggunaan serta kemampuannya dalam menangani komputasi berat, seperti pelatihan model *deep learning*. Dengan adanya dukungan *GPU*, proses *training* model seperti *Faster R-CNN* dapat dilakukan dengan lebih cepat dibandingkan menggunakan perangkat biasa. Selain itu, *Google Colab* juga terintegrasi dengan *Google Drive* sehingga memudahkan dalam penyimpanan dan pengelolaan *dataset*[64].

Dalam penelitian ini, *Google Colab* digunakan sebagai lingkungan utama untuk melakukan pelatihan model *Faster R-CNN* menggunakan *dataset* citra buah pinang. Proses *training*, evaluasi, serta pengujian model dilakukan melalui *platform* ini sebelum diimplementasikan ke dalam sistem berbasis *web*. Dengan demikian, penggunaan *Google Colab* sangat membantu dalam meningkatkan efisiensi proses penelitian[65].

2.17 Flowchart

Flowchart merupakan diagram yang digunakan untuk menggambarkan alur proses atau langkah-langkah dalam suatu sistem secara visual. *Flowchart* disusun menggunakan simbol-simbol tertentu yang mewakili proses, keputusan, *input/output*, serta alur data. Dengan menggunakan *flowchart*, suatu sistem dapat digambarkan secara sederhana namun jelas, sehingga memudahkan dalam memahami proses yang terjadi di dalam sistem[66].

Dalam pengembangan sistem perangkat lunak, *flowchart* memiliki peran penting dalam tahap perancangan. *Flowchart* digunakan untuk menggambarkan alur logika sistem sebelum diimplementasikan ke dalam kode program[67]. Dengan adanya *flowchart*, pengembang dapat mengidentifikasi alur proses secara lebih terstruktur dan mengurangi kesalahan dalam tahap implementasi. Selain itu, *flowchart* juga memudahkan komunikasi antara pengembang dan pihak lain yang terlibat dalam proyek[68].

2.18 Penelitian Terkait

No	Nama	Tahun	Judul	Hasil
1	Ajit Hegde, Vijaya Shetty Sadanand, Chinmay Ganapati Hegde, Krishnamurthy Manjunath Naik, Kanaad Deepak Shastri	2023	<i>Identification and categorization of diseases in arecanut: a Machine Learning approach</i>	Dalam penelitiannya menggunakan pendekatan <i>Machine Learning</i> untuk mendeteksi penyakit pada buah, batang, dan daun pinang. Dengan menggunakan <i>dataset</i> sebanyak 1.100 gambar yang dikategorikan ke dalam kelas sehat dan sakit, penelitian ini berhasil mencapai tingkat akurasi sebesar 93,05%.

2	S. B. Mallikarjuna, Palaiahnakote Shivakumara, Vijeta Khare, N. VinayKumar, M.Basavanna, Umapada Pal, B.Poornima	2021	<i>CNN Based Method For Multi-Type Diseased Arecanut Image Classification</i>	Mengeksplorasi klasifikasi gambar pinang berpenyakit menggunakan metode berbasis CNN dengan tambahan masker <i>multi-Sobel</i> untuk meningkatkan ekstraksi fitur. Fokus utama penelitian ini adalah membedakan jenis kerusakan seperti penyakit busuk (<i>rot</i>), pecah (<i>split</i>), dan kombinasi keduanya. Hasilnya menunjukkan bahwa peningkatan detail pada gambar sebelum masuk ke arsitektur CNN dapat meningkatkan performa klasifikasi secara signifikan.
3	Rima Tri Wahyunigrum, Indah Agustien Siradjuddin, Triasmi Dwi Farawati, Irmalia Suryani Faradisa, Achmad Bauravindah, Deshinta Arrova Dewi	2025	<i>Implementation of an EfficientNet-B4 Model Architecture with a Convolutional Block Attention Module (CBAM) for Betel Leaf Disease Classification</i>	Mengimplementasikan arsitektur <i>EfficientNet-B4</i> dengan <i>Convolutional Block Attention Module</i> untuk klasifikasi penyakit daun sirih. Meskipun objeknya adalah daun sirih, penelitian ini sangat relevan karena menangani jenis penyakit antraknosa. Model ini mencapai akurasi tertinggi sebesar 98,77%, membuktikan bahwa mekanisme atensi sangat efektif dalam lingkungan citra yang kompleks.
4	Arum TiaraSari, Emy Haryatmi	2021	Penerapan <i>Convolutional Neural Network Deep learning</i> dalam Pendeteksian Citra Biji Jagung Kering	Dalam penelitiannya menerapkan arsitektur <i>Faster R-CNN</i> untuk pemantauan kualitas biji tanaman secara otomatis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan metode <i>Faster R-CNN</i>

				memberikan nilai rata-rata <i>precision</i> sebesar 88,7%, yang membuktikan keandalannya dalam mengidentifikasi kondisi fisik objek agrikultur.
5	Bifta Sama Bari, Md Nahidul Islam, Mamunur Rashid, Md Jahid Hasan, Mohd Azraai Mohd Razman, Rabiu Muazu Musa, Ahmad Fakhri Ab Nasir, Anwar P.P. Abdul Majeed	2021	<i>A real-time approach of diagnosing rice leaf disease using deep learning-based Faster R-CNN framework</i>	Mengembangkan kerangka kerja <i>Faster R-CNN</i> untuk mendiagnosis penyakit daun padi secara <i>real-time</i> . Penelitian ini menekankan keunggulan <i>Region Proposal Network</i> dalam <i>Faster R-CNN</i> yang memungkinkan pemosisian target penyakit secara presisi di atas gambar latar belakang yang bising. Model ini terbukti memiliki akurasi deteksi yang lebih stabil dibandingkan model satu tahap seperti <i>YOLO</i> .
6	Poonam Dhiman, Poongodi Manoharan, Umesh Kumar Lilhore, Roobaea Alroobaea, Amandeep Kaur, Celestine Iwendi, Majed Alsafyani, Abdullah M. Baqasah, Kaamran Raahemifar	2023	<i>PFDI: a precise fruit disease identification model based on context data fusion with FasteR-CNN in edge computing environment</i>	Merancang model <i>Precise Fruit Disease Identification</i> berbasis fusi data konteks dengan <i>Faster R-CNN</i> . Penelitian ini menonjol karena mengoptimalkan model untuk lingkungan <i>edge computing</i> , yang bertujuan agar deteksi penyakit buah dapat dilakukan dengan cepat meskipun menggunakan sumber daya komputasi yang terbatas.
7	Alfita Rakhmandasari, Wayan Firdaus Mahmudy, Titiek Yulianti	2021	<i>Kenaf plant pest and disease detection using Faster regional based</i>	Menerapkan <i>Faster R-CNN</i> untuk deteksi hama dan penyakit pada tanaman Kenaf. Hasil penelitian menunjukkan

			<i>Convolutional Neural Network</i>	akurasi deteksi sebesar 77,50% dengan tingkat akurasi <i>bounding box</i> mencapai 96,74%. Selain itu, penelitian ini mencatat bahwa proses pelatihan model selama 10.000 iterasi dapat diselesaikan dalam waktu 3 jam, menunjukkan efisiensi waktu dalam fase pengembangan model.
8	Wahyu Sapto Aji, Kamarul Hawari Bin Ghazali, Son Ali Akbar	2021	<i>Oil palm unstripped bunch detector using modified Faster regional Convolutional Neural Network</i>	Mengembangkan sistem deteksi untuk industri kelapa sawit menggunakan <i>Faster R-CNN</i> yang dimodifikasi dengan <i>backbone VGG16</i> . Hasilnya menunjukkan peningkatan kecepatan deteksi sebesar 100% dan akurasi mencapai 98%, memberikan landasan teknis bagi Anda dalam membangun sistem berbasis <i>web</i> yang cepat dan akurat.
9	Toton Dwi Antoko, Muhammad Azhar Ridani, Agus Eko Minarno	2021	Klasifikasi Buah Zaitun Menggunakan <i>Convolution Neural Network</i>	Peneliti menunjukkan implementasi metode <i>Faster R-CNN</i> dalam bahasa Indonesia untuk pengenalan pola yang kompleks. Penelitian ini membuktikan bahwa algoritma tersebut mampu mengenali fitur visual yang rumit dengan tingkat akurasi yang kompetitif, yang relevan dengan deteksi pola bercak pada penyakit buah.
10	Fatima-Zahra Elbouni, Aziza EL Ouazizi	2021	<i>Birds Images Prediction with Watson Visual Recognition Services from</i>	Dalam studinya mengenai prediksi gambar menggunakan <i>Cloud-based CNN</i> menjelaskan arsitektur integrasi antara

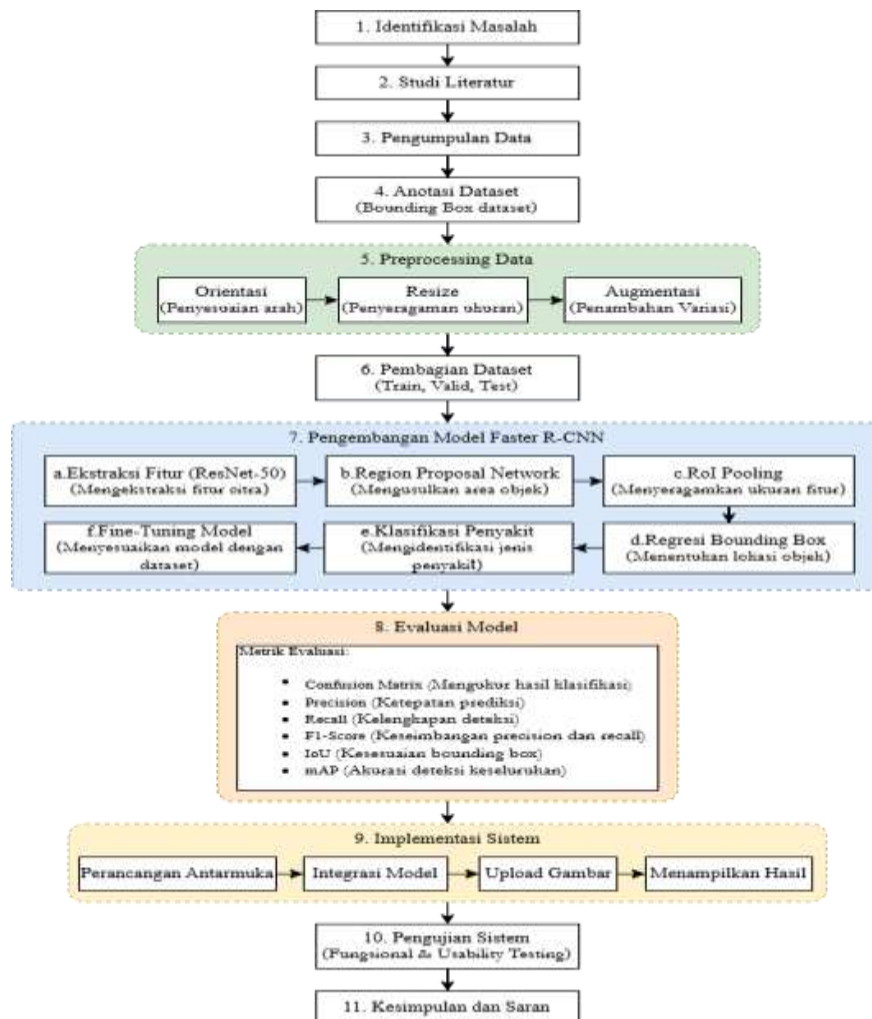
			<i>IBM-Cloud and Conventional Neural Network</i>	model <i>deep learning</i> dengan layanan web menggunakan kerangka kerja <i>Flask</i> . Penelitian ini memberikan gambaran teknis mengenai penanganan permintaan <i>HTTP POST</i> untuk pengiriman data citra dari antarmuka web ke model untuk diproses secara <i>real-time</i> .
--	--	--	--	--

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian merupakan tahapan atau langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian. Tujuan dari metodologi penelitian ini agar penelitian yang dibuat sesuai dengan tujuan dari penelitian itu sendiri. Pada penelitian Skripsi ini terdapat beberapa tahapan penelitian yang akan dilakukan seperti yang akan dilakukan seperti Gambar 3.1 Tahapan Penelitian.



Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian

3.2 Pengamatan Pendahuluan

Pengamatan pendahuluan merupakan tahap awal yang dilakukan untuk memahami kondisi dan permasalahan yang terjadi di lapangan. Pada tahap ini dilakukan pengamatan terhadap kondisi buah pinang, khususnya terkait dengan adanya penyakit yang mempengaruhi kualitas buah. Pengamatan ini bertujuan untuk memperoleh gambaran awal mengenai jenis-jenis penyakit yang sering terjadi pada buah pinang.

Selain itu, pada tahap ini juga dilakukan studi awal mengenai penerapan teknologi dalam bidang pertanian, khususnya penggunaan kecerdasan buatan dalam klasifikasi penyakit tanaman. Hasil dari pengamatan pendahuluan ini menjadi dasar dalam menentukan metode yang akan digunakan dalam penelitian, yaitu metode *Faster R-CNN*.

3.3 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan tahap untuk menentukan permasalahan utama yang akan diselesaikan dalam penelitian. Berdasarkan hasil pengamatan pendahuluan, ditemukan bahwa proses identifikasi penyakit pada buah pinang masih dilakukan secara manual dan bergantung pada pengalaman manusia, sehingga hasil yang diperoleh cenderung subjektif dan kurang akurat.

Selain itu, keterbatasan dalam mendeteksi penyakit secara dini juga menjadi kendala dalam menjaga kualitas buah pinang. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu mendeteksi dan mengklasifikasikan penyakit buah pinang secara otomatis dengan tingkat akurasi yang tinggi. Dalam penelitian ini,

solusi yang diusulkan adalah membangun sistem berbasis *web* dengan metode *Faster R-CNN*.

3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan tahap yang dilakukan untuk memperoleh data yang diperlukan dalam penelitian. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini berupa citra buah pinang yang akan digunakan sebagai *dataset* dalam proses pelatihan dan pengujian model.

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi studi kepustakaan dan observasi langsung. Kedua metode ini digunakan untuk memperoleh data yang relevan baik dari sumber teori maupun kondisi nyata di lapangan.

3.4.1 Studi Kepustakaan

Studi kepustakaan dilakukan dengan cara mengumpulkan informasi dari berbagai sumber ilmiah seperti jurnal, buku, dan artikel yang berkaitan dengan penelitian. Studi ini bertujuan untuk memperoleh landasan teori yang kuat mengenai klasifikasi, pengolahan citra digital, serta metode *Faster R-CNN*.

3.4.2 Observasi (Pengamatan)

Observasi dilakukan dengan cara mengamati secara langsung objek penelitian, yaitu buah pinang (*Areca catechu*) yang diperoleh dari beberapa kebun milik masyarakat di Desa Tambusai Utara, Kecamatan Tambusai Utara, Kabupaten Rokan Hulu, Provinsi Riau. Kegiatan observasi ini bertujuan untuk memperoleh data berupa citra buah pinang yang terinfeksi berbagai jenis penyakit.

3.5 Pengembangan Sistem

Pengembangan sistem pada penelitian ini bertujuan untuk membangun alur klasifikasi penyakit buah pinang yang efisien dan akurat menggunakan metode *Faster R-CNN*. Sistem dirancang untuk memproses citra buah pinang mulai dari tahap *input* hingga menghasilkan *Output* berupa deteksi objek dan klasifikasi penyakit buah. Proses pengembangan sistem dilakukan dengan pendekatan berbasis *deep learning* yang diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman *Python* pada *platform Google Colab*.

Perancangan sistem ini dibagi menjadi beberapa tahapan sebagai berikut:

1. *Input Data*

Sistem menerima masukan berupa citra buah pinang dalam format *JPG* atau *PNG*. *Dataset* diperoleh dari hasil observasi langsung maupun sumber tambahan yang relevan. Setiap citra kemudian disesuaikan ukurannya agar seragam sesuai kebutuhan model *Faster R-CNN*.

2. *Pra-Pemrosesan (Preprocessing)*

Pada tahap ini dilakukan beberapa proses untuk meningkatkan kualitas data sebelum digunakan dalam pelatihan model. Tahapan *preprocessing* meliputi *resize* citra dan pengaturan format anotasi *bounding box* sesuai kebutuhan metode *Faster R-CNN*. Selain itu, dilakukan augmentasi data seperti rotasi, *flipping*, dan perubahan pencahayaan untuk meningkatkan variasi *dataset* agar model lebih robust terhadap berbagai kondisi citra.

3. *Anotasi Data (Labeling)*

Setiap citra pada *dataset* diberi anotasi berupa *bounding box* yang menunjukkan lokasi objek penyakit buah pinang. Proses anotasi ini sangat penting karena metode *Faster R-CNN* membutuhkan informasi lokasi objek penyakit buah pinang untuk proses deteksi dan klasifikasi secara bersamaan.

4. Ekstraksi Fitur dan Deteksi Objek (*Faster R-CNN*)

Citra yang telah diproses kemudian dimasukkan ke dalam model *Faster R-CNN*. Pada tahap ini, model akan melakukan ekstraksi fitur secara otomatis menggunakan *convolutional layer*, kemudian *Region Proposal Network (RPN)* akan menghasilkan kandidat area objek. Selanjutnya, sistem akan mengklasifikasikan objek dan menentukan lokasi *bounding box* secara akurat.

5. *Output* Sistem

Sistem menghasilkan *Output* berupa hasil deteksi objek pada citra buah pinang yang ditandai dengan *bounding box* serta label klasifikasi. Selain itu, sistem juga dapat menampilkan nilai *confidence score* sebagai tingkat keyakinan model terhadap hasil prediksi yang diberikan.

3.6 Implementasi Sistem

Implementasi sistem dilakukan dengan merealisasikan seluruh tahapan yang telah dirancang ke dalam bentuk program menggunakan *Python* pada *platform Google Colab*. *Dataset* citra buah pinang yang telah dikumpulkan dan dianotasi kemudian diunggah ke dalam lingkungan *Google Colab* untuk dilakukan proses pelatihan model.

Model *Faster R-CNN* dibangun menggunakan *framework deep learning* seperti *TensorFlow* atau *PyTorch*, yang terdiri dari beberapa komponen utama seperti *convolutional layer*, *Region Proposal Network (RPN)*, serta *classifier* dan *regressor* untuk menentukan kelas dan lokasi objek. Proses pelatihan dilakukan menggunakan data *training* dan validasi dalam beberapa *epoch* hingga diperoleh model dengan performa optimal.

Setelah proses pelatihan selesai, dilakukan pengujian menggunakan data uji untuk mengetahui kemampuan model dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan penyakit buah pinang. Hasil dari implementasi sistem ini berupa model yang mampu melakukan deteksi objek secara otomatis berdasarkan citra yang diberikan.

3.7 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi kinerja model *Faster R-CNN* dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan penyakit buah pinang. Data pengujian yang telah dipisahkan dari *dataset* digunakan untuk mengukur kemampuan model dalam mengenali objek pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya.

Evaluasi dilakukan menggunakan beberapa *metrik*, seperti *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score* untuk mengukur performa klasifikasi, serta *Intersection over Union (IoU)* untuk mengukur tingkat akurasi deteksi *bounding box*. Selain itu, digunakan juga *confusion matrix* untuk melihat distribusi hasil klasifikasi serta tingkat kesalahan yang terjadi pada setiap kelas.

Hasil pengujian kemudian dianalisis dalam bentuk grafik akurasi dan *loss* selama proses pelatihan, serta visualisasi hasil deteksi pada citra buah pinang. Hal ini bertujuan untuk mengetahui performa model secara menyeluruh dan memastikan bahwa sistem mampu bekerja dengan baik dalam kondisi nyata.

3.8 Kesimpulan

Tahapan terakhir dalam penelitian ini adalah penarikan kesimpulan berdasarkan hasil yang diperoleh dari implementasi metode *Faster R-CNN* dalam klasifikasi penyakit buah pinang. Kesimpulan yang dihasilkan mencakup tingkat akurasi model dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan kondisi buah pinang, serta efektivitas metode yang digunakan dalam penelitian ini.