

Pengembangan Algoritma Berbasis  
Vision Transformer pada Deteksi  
Penyakit Tanaman Kakao

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Konsep *Artificial Intelligence* (AI) melibatkan pembuatan dan kemajuan sistem komputer yang mampu melakukan tugas-tugas yang umumnya memerlukan kecerdasan manusia, seperti persepsi visual, pengenalan suara, pengambilan keputusan, dan terjemahan antar bahasa (Russel, 2016). Ini mencakup bidang-bidang seperti pengolahan citra, pemrosesan data, *Machine Learning* (ML), *Deep Learning* (DL), dan teknologi visi komputer (Kale, 2019). AI telah menjadi fokus penelitian dan pengembangan teknologi yang menarik dan telah terbukti memberikan dampak signifikan dalam berbagai industri, termasuk dalam industri pertanian (Kumar et al., 2019).

ML merupakan cabang dari AI untuk membantu sistem komputer belajar dari data dan meningkatkan kinerjanya tanpa pemrograman eksplisit (Kamilaris & Prenafeta-Boldú, 2018). Kemajuan terbesar dalam perkembangan AI terdapat dalam bidang DL (Kumar et al., 2019). DL yang merupakan subbidang dari ML, menggunakan jaringan saraf tiruan untuk mengatasi masalah yang sangat kompleks dengan tingkat akurasi yang tinggi. Algoritma DL telah berhasil diterapkan dalam berbagai aplikasi, termasuk pengenalan citra, pemrosesan bahasa alami, dan analisis data besar (LeCun, Bengio, & Hinton, 2015). DL sebagai subbidang dari ML telah membawa revolusi dalam visi komputer dengan memungkinkan pemodelan data yang kompleks dan pengenalan pola yang sangat efisien. Dalam industri pertanian, DL di dalam tugas visi komputer dapat memberikan solusi cerdas untuk melakukan pemantauan, prediksi, maupun otomatisasi dalam berbagai masalah pada tanaman, salah satunya dalam mendeteksi penyakit tanaman.

Selama beberapa dekade terakhir, pertanian telah menjadi sumber pendapatan utama bagi beberapa negara dan memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian global (Parez et al., 2023). Tanaman Kakao (*Theobroma Cacao*) merupakan sebuah komoditas penting dunia. Indonesia sebagai salah satu negara eksportir utama kakao dalam perdagangan internasional. Indonesia setiap tahun mampu memproduksi biji kakao sekitar 700.000 ton. Namun, produksi kakao Indonesia terus menurun dalam tiga tahun terakhir. Tahun 2022, Indonesia memproduksi kakao sebanyak 650.600 ton biji kakao. Produksi tersebut menurun 3,04% dibandingkan produksi tahun 2021 sebanyak 688.200 ton, Sementara produksi pada tahun 2021 turun hampir tiga persen dibanding tahun sebelumnya tercatat 720.660 ton (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2023). Kendala dalam menjaga produksi kakao di Indonesia perlu didukung dengan berbagai program untuk mengantisipasi penurunan produksi. Penurunan produksi kakao memiliki dampak meluas (BISIP Pertanian, 2023). Beberapa faktor berkontribusi terhadap penurunan produksi ini diantaranya disebabkan oleh banyaknya pohon kakao yang sudah tua, kurang produktif, dan kurangnya pemeliharaan intensif juga menyebabkan sebagian besar tanaman kakao terserang penyakit. Penyakit pada kakao menyebabkan penurunan produksi kakao yang cukup besar yaitu sekitar 50% (Arnawa et al., 2012). Penyakit kakao merupakan salah satu faktor yang berkontribusi terhadap penurunan biji-bijian secara global serta dapat mempengaruhi pertumbuhan, kesehatan, dan produktivitas tanaman, sehingga dapat merusak hasil panen.

Beberapa penyakit utama yang menyerang tanaman kakao adalah penyakit kanker batang, penyakit *Vascular Streak Dieback* (VSD), *Cocoa Swollen Shoot Virus* (CSSV), *Leaf Blotch*, *Witches Broom Diseases* (WBD), *Monilia Pod Rot* dan *antraknosa* atau penyakit busuk buah yang disebabkan oleh *Phytophthora palmivora* (Tumpal, 2014). Penyakit tersebut merupakan penyakit yang paling merugikan, karena terdapat hampir di seluruh area penanaman kakao. Gejala yang dialami pada tanaman dapat bervariasi tergantung pada jenis penyakit, jenis tanaman yang terinfeksi, dan

kondisi lingkungan. Beberapa gejala pada tanaman yang terkena penyakit yaitu bercak atau lesi pada daun, daun menguning atau rontok, pertumbuhan terhambat atau kerusakan pada vena, keropeng atau deformitas pada buah, bunga tidak berkembang, batang dan akar mengalami pembusukan, produksi yang menurun, dan kematian pada tanaman (Perlinton, 2023). Penyakit tanaman kakao mempunyai banyak kesamaan, sehingga sulit untuk mengidentifikasi jenis penyakit, dan akurasi pengenalan penyakit mungkin rendah pada kondisi alami (Patil dan Kumar, 2022). Karena itu, penelitian ini mengusulkan metode ML dan DL dalam tugas visi komputer untuk melakukan identifikasi dalam deteksi penyakit tanaman kakao yang lebih akurat.

Banyak penelitian yang memanfaatkan ML dan DL untuk tugas visi komputer dalam mengenal penyakit tanaman. Secara umum, penelitian-penelitian sebelumnya menggunakan model seperti *Support Vector Machine* (SVM) dari ML digabungkan dengan metode ekstraksi fitur dan *Convolutional Neural Network* (CNN) dari ML. Pada penelitian (Rodriguez, Alfaro, Paredes, Esenarro, & Hilarion, 2021), digunakan HoG, LBP untuk ekstraksi fitur dan SVM untuk klasifikasi penyakit pada tanaman. Penelitian (Harakannanavar, Rudagi, Puranikmath, Siddiqua, & Pramodhini, 2022), digunakan *Discrete Wavelet Transform* (DWT), *Principal Component Analysis* (PCA), dan *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) untuk ekstraksi fitur lokal dan model SVM, K-Nearest Neighbors (KNN), dan CNN melakukan klasifikasi pada penyakit daun tanaman. Penelitian (Rachmad, Syarief, Rifka, Sonata, Setiawan, & Rochman, 2022), digunakan LBP untuk mengekstraksi fitur dan KNN untuk klasifikasi penyakit daun jagung. Penelitian (Hosny, El-Hady, Samy, Vrochidou, & Papakostas, 2023), digunakan LBP dan CNN untuk mendeteksi penyakit daun tanaman. Selain dari model yang sudah disebutkan diatas, terdapat salah satu inovasi terbaru model DL yang membawa kemajuan signifikan yaitu *Vision Transformer* (ViT), yang memperkenalkan pendekatan baru untuk pengenalan citra. ViT mengadopsi konsep transformer yang awalnya dikembangkan untuk tugas-tugas *Natural Language Processing* (NLP). Transformer menggunakan *attention mechanism* untuk fokus pada bagian-bagian

penting dari input data, sehingga meningkatkan kemampuan model dalam memahami konteks yang kompleks (Vaswani et al., 2017). Dalam bidang pertanian, ViT diterapkan untuk memantau pertumbuhan tanaman dan mendeteksi penyakit tanaman, yang membantu petani dalam mengambil keputusan yang lebih tepat dan cepat.

Berbeda dengan beberapa penelitian diatas, penelitian ini mengadopsi pendekatan *feature fusion* berbasis *attention*. *Feature fusion* berbasis *attention* merupakan metode yang menggabungkan fitur-fitur yang diekstraksi dengan *mekanisme attention* untuk meningkatkan kinerja model. *Mekanisme attention* memberikan kemampuan pada model untuk fokus pada bagian-bagian penting dari input, sehingga meningkatkan representasi fitur yang lebih relevan (Hu et al., 2018). Penelitian (Borhani et al., 2022) mengeksplorasi model ViT dalam pengklasifikasian penyakit tanaman. Menggabungkan blok konvolusional dengan blok *attention* transformer membantu model mendapatkan akurasi yang tinggi. Hasil akurasi dari model hybrid yang diusulkan masing-masing dataset mencapai 100% pada dataset daun padi, 91,7% pada dataset karat gandum, dan 98,77% dataset *PlantVillage*. Penelitian (Lye dan Ng, 2023) melakukan klasifikasi penyakit tanaman menggunakan ViT. Penelitian ini berfokus identifikasi pada keseluruhan daun dibandingkan bagian individual atau bagian tertentu. Mereka menggunakan modul *attention mechanism Locality Self Attention* (SLA) untuk membantu fokus dalam identifikasi keseluruhan daun. Hasil akurasi yang diperoleh adalah 89,58%, serta ketahanan model yang memuaskan terhadap perubahan orientasi dan posisi daun. (Tabbakh & Barpanda, 2023) mengeksplorasi pendekatan *feature fusion* yaitu menggabungkan model transfer learning dengan model ViT yang diberi nama TLMViT untuk klasifikasi penyakit daun tanaman. Penelitian ini melakukan dua fase ekstraksi fitur, yaitu ekstraksi fitur awal menggunakan model *pre-trained* dan ekstraksi fitur mendalam dilakukan menggunakan model ViT. Model diklasifikasikan menggunakan MLP dan diuji dengan lima model *pre-trained* dan ViT. Model yang diusulkan pada penelitian ini dapat

mengungguli model transfer learning lainnya dengan peningkatan akurasi sebesar 1,11% dan 1,099%.

Berdasarkan uraian latar belakang dan analisis terhadap penelitian-penelitian sebelumnya, Model transformer mampu mencatat bagian-bagian tertentu yang berbeda secara bersamaan dan memahami keterkaitan bagian tersebut, yang sangat penting untuk pengenalan fitur penyakit (Gao R et al., 2024). Pada penelitian (Jesse, douha, dan Lenka, 2024) mengidentifikasi penyakit tanaman kakao menggunakan ViT masih memiliki keterbatasan model dalam variasi latar belakang yang kompleks serta mengandung noise yang tinggi. Selain itu penelitian ini masih terbatas hanya pada satu kelas penyakit saja. Oleh karena itu, masih terbuka peluang untuk mengembangkan metode menggunakan teknik *feature fusion* berbasis *attention* untuk mengoptimalkan model dengan menggabungkan ekstraksi fitur dan ViT, serta menambahkan variasi pada dataset yang bertujuan untuk meningkatkan ketahanan dan generalisasi pada model.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan yang telah diuraikan pada latar belakang masalah diatas, maka direncanakan perumusan masalah yang mendasari penelitian sebagai berikut.

1. Bagaimana mengembangkan algoritma dan metode menggunakan pendekatan *feature fusion* berbasis *attention* pada citra penyakit daun tanaman kakao?
2. Bagaimana membangun sebuah sistem deteksi yang tepat dan akurat untuk identifikasi adanya gejala penyakit pada daun tanaman kakao yang dapat mempermudah petani kakao dalam mengenali daun yang terkena penyakit?

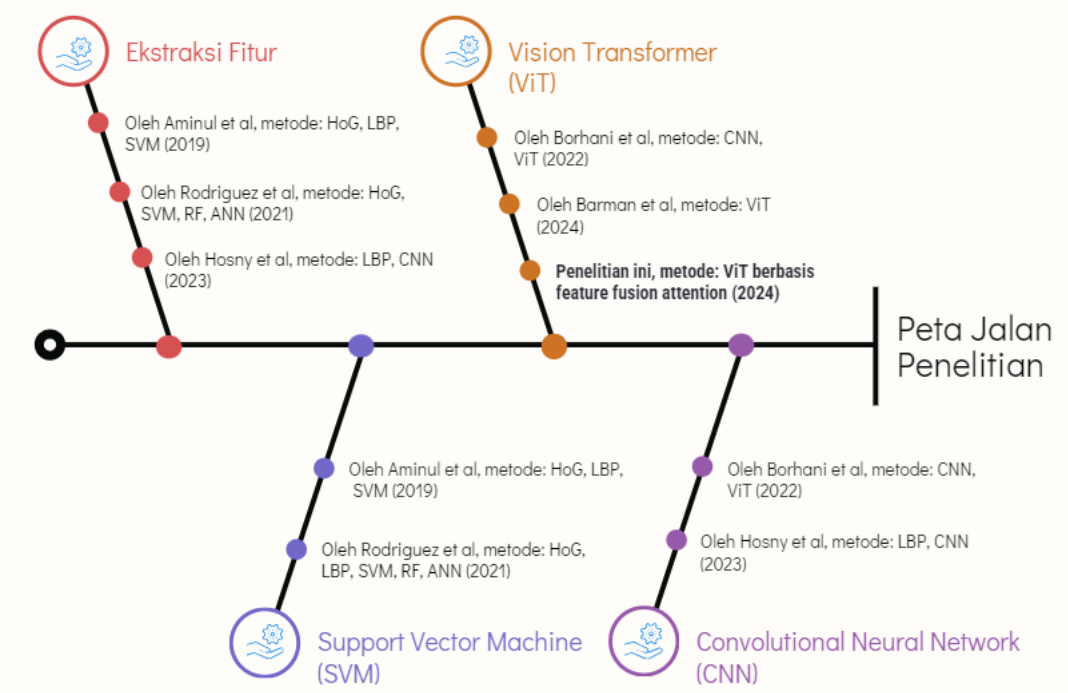
#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah:

1. Menghasilkan algoritma dan metode dengan pendekatan *feature fusion* berbasis *attention* untuk deteksi citra penyakit daun tanaman kakao.
2. Menghasilkan sistem deteksi untuk mengenali gejala pada daun yang terinfeksi penyakit.

## 2.12 Roadmap Penelitian

Gambar 2.20 menunjukkan roadmap Penelitian yang terkait dengan topik penelitian yang sudah dilakukan oleh peneliti dalam periode 2019-2024.



Gambar 2.20 Roadmap Penelitian

Pada tahun 2019, dilakukan deteksi pada penyakit daun tanaman menggunakan ekstraksi fitur HoG dan LBP serta diklasifikasikan menggunakan model SVM (Aminul et al., 2019). Pada tahun 2021, sebuah penelitian yang mengembangkan sistem deteksi penyakit pohon kakao dengan pendekatan *feature fusion* menggunakan HoG dan LBP untuk ekstraksi fitur dan SVM, RF, ANN sebagai model klasifikasi (Rodriguez et al., 2021). Pada tahun 2022, melakukan klasifikasi untuk identifikasi penyakit daun jagung menggunakan ekstraksi fitur LBP dan KNN sebagai model klasifikasi penyakit daun jagung (Rachmad et al., 2022). Pada tahun yang sama, terdapat penelitian yang mengeksplorasi model ViT dalam klasifikasi penyakit tanaman yang menggabungkan fitur CNN dengan *attention mechanism* (Borhani et al, 2022). Pada tahun 2023,



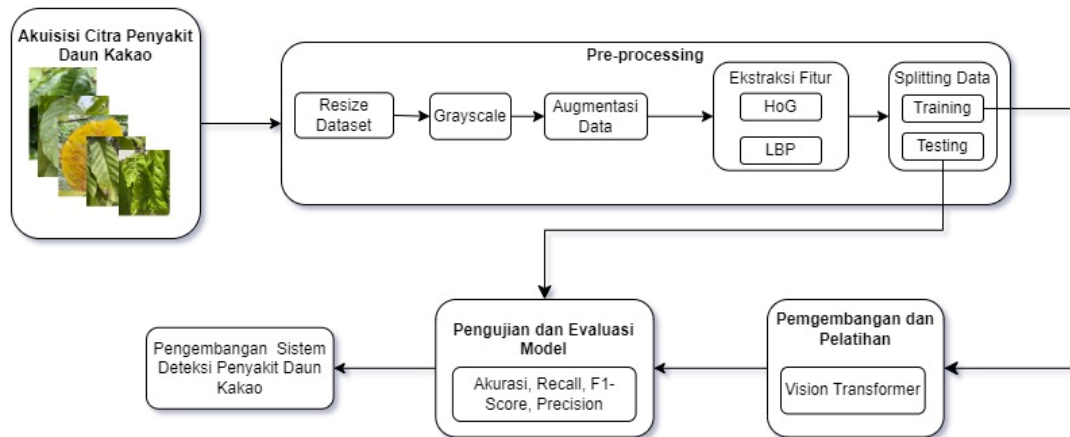
melakukan deteksi digunakan LBP dan CNN untuk mendeteksi penyakit pada tanaman (Hosny et al., 2023). Pada tahun 2024, ViT digunakan untuk ekstraksi fitur dan dimasukkan ke dalam encoder transformer menggunakan *self-attention* untuk menangkap hubungan global antar patch untuk deteksi penyakit daun tanaman (Barman et al., 2024). Pada tahun ini 2024, akan diajukan oleh peneliti “PENGEMBANGAN ALGORITMA BERBASIS VISION TRANSFORMER PADA DETEKSI PENYAKIT TANAMAN KAKAO”.

## BAB 3

# METODE PENELITIAN

### 3.1 Tahapan Penelitian

Secara garis besar penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu Akuisisi data, pre-processing data, pengembangan dan pelatihan model, pengujian dan evaluasi model, serta pengembangan system deteksi penyakit daun kakao, ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

### 3.2 Akuisisi Data Penyakit Daun Tanaman Kakao

Pengumpulan citra Penyakit Daun tanaman kakao dikumpulkan secara langsung oleh peneliti (data primer) dan juga menggunakan data yang dikumpulkan oleh peneliti lain (data sekunder). Terdapat 4 kelas penyakit dan satu kelas daun sehat yang akan digunakan dalam penelitian ini, yaitu: Daun sehat, penyakit *antraknosa* (*Colletotrichum gloeosporioides*), penyakit *vascular streak dieback* (VSD), penyakit *Leaf Blotch* dan penyakit *cocoa swollen shoot virus disease* (CSSVD).



Gambar 3.2 Contoh 4 Jenis Penyakit Daun Tanaman Kakao

Dataset primer akan dilakukan pengambilan foto penyakit daun tanaman kakao yang terdapat pada kebun kakao di daerah Kabupaten Solok, Provinsi Sumatra Barat. Pengambilan akan dilakukan dari jarak 20cm dari kamera yang bertujuan menangkap detail kecil seperti bercak kecil atau lesi pada daun, perubahan warna serta tekstur permukaan daun. Dataset sekunder menggunakan dataset yang telah digunakan umum oleh para peneliti lain terkait penyakit daun tanaman kakao.

### 3.3 Pre-Processing

#### 3.3.1 Resize Dataset

Perubahan ukuran citra dilakukan menggunakan metode *nearest neighbor interpolation*. Cara kerja dari metode ini dengan cara mengambil nilai piksel terdekat dari citra asli untuk menentukan nilai piksel baru dalam citra yang akan diubah ukurannya. Citra diubah ukurannya menjadi seragam (224x224 piksel). Faktor skala dihitung dengan membandingkan dimensi citra asli, dimana  $(W, H)$  dengan dimensi baru  $(W', H')$  yang akan diubah. Untuk setiap piksel dalam citra baru dengan koordinat  $(i', j')$ , hitung koordinat terdekat di citra asli  $(i, j)$ . Selanjutnya map nilai piksel yaitu mengambil nilai piksel dari citra asli pada koordinat  $(i, j)$  dan menetapkan nilai ke piksel baru di koordinat  $(i', j')$  dalam citra yang diubah ukurannya.

#### 3.3.2 Grayscale

Pada tahap ini citra RGB dikonversi ke Grayscale untuk membantu menyederhanakan dan memfokuskan informasi intensitas cahaya yang lebih relevan. Gejala penyakit pada daun tanaman kakao seperti perubahan warna, bintik-bintik atau

nekrosis dapat lebih mudah diidentifikasi melalui variasi intensitas Cahaya. Grayscale dapat mempertahankan informasi penting dengan lebih sederhana.

### **3.3.3 Augmentasi Dataset**

Augmentasi data dilakukan untuk meningkatkan variasi pada dataset yang akan digunakan serta untuk mencegah terjadinya overfitting. Teknik augmentasi yang diterapkan penelitian ini seperti *rotasi, flipping, zooming, dan cropping*.

### **3.3.4 Ekstraksi Fitur**

#### **3.3.4.1 Histogram Oriented of Gradients (HoG)**

Ekstraksi fitur HoG digunakan dalam penelitian ini untuk menangkap bentuk dan tekstur. HoG berfokus pada gradien intensitas lokal dan arah tepi yang menggambarkan struktur dan tekstur dari daun yang terkena penyakit pada tanaman kakao, HoG dapat menangani perubahan dalam rotasi dan skala yang memungkinkan pendeteksian penyakit yang konsisten pada pengambilan gambar dari sudut atau jarak yang berbeda.

#### **3.3.4.2 Local Binary Pattern (LBP)**

Penerapan ekstraksi fitur LBP pada penelitian ini untuk menangkap tekstur lokal dalam citra. LBP membantu dalam menangkap informasi tekstur seperti bercak-bercak, lubang kecil yang terdapat pada daun, perubahan warna daun yang tidak merata dan perubahan permukaan lainnya.

### **3.3.5 Splitting Data**

#### **3.3.5.1 Data Training**

Data training digunakan untuk melatih model untuk mengenali pola maupun karakteristik visual yang membedakan daun sehat dengan daun yang terinfeksi

penyakit. Melalui proses pelatihan ini model mengoptimalkan parameter untuk meminimalkan kesalahan dalam memprediksi.

### 3.3.5.2 Data Testing

Data testing digunakan untuk melakukan pengujian pada model yang telah dilatih sebelumnya untuk mengevaluasi kinerja model.

## 3.4 Pengembangan dan Pelatihan Model

Data citra daun kakao yang telah melalui preprocessing dan ekstraksi fitur, kemudian digunakan untuk pelatihan dan pembuatan model *deep learning* menggunakan pendekatan *feature fusion* berbasis *attention* yaitu fitur ekstraksi HoG dan LBP digabungkan ke dalam *vision transformer* yang menggunakan *attention mechanism*. *Attention mechanism* dalam vision transformer memberikan fokus yang berbeda pada fitur HoG dan LBP. Penggunaan *attention mechanism* dapat meningkatkan akurasi model dengan mengurangi pengaruh noise atau informasi yang tidak relevan dalam gambar.

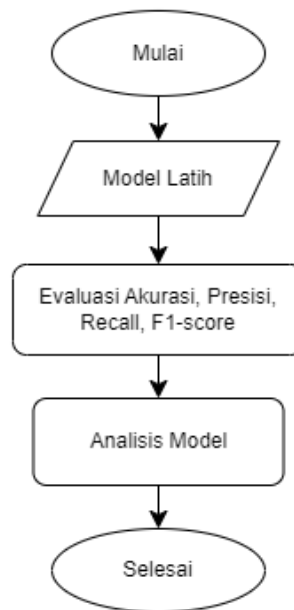


Gambar 3.3 Pengembangan dan Pelatihan Model

## 3.5 Pengujian dan Evaluasi Model

Pengujian dan Evaluasi model dilakukan untuk melihat akurasi model saat mengidentifikasi penyakit daun tanaman kakao. Proses evaluasi dimulai dengan pengujian yang terdiri dari data yang belum pernah dilihat oleh model selama melakukan fase pelatihan. Matrik evaluasi digunakan untuk mengukur kinerja model

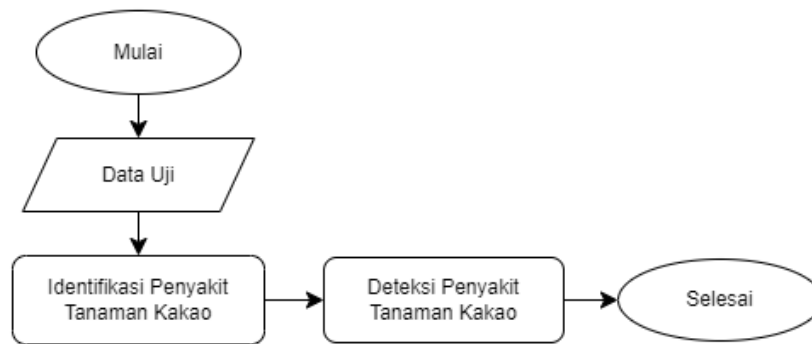
secara menyeluruh. matrik evaluasi yang digunakan seperti akurasi, presisi, recall, dan F1-score.



Gambar 3.4 Pengujian dan Evaluasi Model

### 3.6 Pengembangan Sistem Deteksi Penyakit Daun Kakao

Setelah melakukan pelatihan dan pengembangan model, serta tahap pengujian dan evaluasi model, system deteksi untuk penyakit daun kakao diimplemetasikan dengan melibatkan pengintegrasian model ke dalam aplikasi atau perangkat keras. Pengembangan system menciptakan Solusi yang efektif dan efisien dalam mengidentifikasi penyakit daun kakao.



Gambar 3.5 Alur Identifikasi Penyakit Tanaman Kakao