

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Indonesia terdapat berbagai tanaman yang tumbuh dan berkembang dari yang berakar serabut hingga berakar tunggang. Tumbuhan yang memiliki akar tunggang mempunyai bagian tudung akar dan rambu akar. Akar ini berfungsi untuk menyimpan cadangan makanan dan air dari fotosintesis. Contoh tumbuhan yang berakar tunggang yaitu pohon alpukat (Ayu et al., 2023a). Alpukat salah satu tanaman yang populer dan banyak dikonsumsi oleh masyarakat di Indonesia, khususnya di Pulau Jawa (Waluyo Sri, 2024).

Dengan variasi iklim dan kondisi tanah yang mendukung, Pulau Jawa menjadi salah satu produksi alpukat di Indonesia dengan berbagai jenis alpukat yang tumbuh di wilayah ini (Waluyo Sri, 2024). Ada beberapa jenis alpukat yang ada di Indonesia seperti alpukat mentega, alpukat wina, alpukat madu, alpukat hass, alpukat kendil, alpukat pluwang, alpukat jambon, alpukat alligator, alpukat miki, alpukat mega murapi, alpukat tanpa biji dan jenis lainnya (Ayu et al., 2023a). Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (2024), produksi alpukat di Indonesia tercatat mencapai 669.260 ton pada tahun 2021, meningkat menjadi 865.780 ton pada tahun 2022, dan meningkat lagi menjadi 874.046 ton pada tahun 2023 (bps.go.id, 2024).

Alpukat memiliki manfaat sangat baik bagi kesehatan manusia yaitu, menjaga kesehatan jantung, mengandung vitamin C, zat besi, vitamin B-6, kalium, folat, vitamin E, vitamin K, vitamin A, sebagai produk kecantikan, dan membantu menurunkan kadar kolesterol jahat (Rastra Shubhi et al., 2024). Selain itu, kayu alpukat cocok sebagai bahan bakar, biji dan daunnya dapat digunakan dalam industri pakaian dan kulit batangnya dapat digunakan sebagai pewarna coklat (Abdillah Siregar, 2024). Dilihat dari banyaknya keuntungan yang didapat dengan menanam tanaman alpukat membuat banyak orang berkeinginan menanam lahan mereka dengan pohon alpukat, hal ini membuat alpukat menjadi tanaman yang

bernilai ekonomi tinggi dan sangat menguntungkan untuk dibudidayakan (Ayu et al., 2023a).

Tantangan yang sering dihadapi oleh pedagang dan konsumen adalah dalam membedakan jenis bibit tanaman alpukat, terutama ketika bibit memiliki ciri-ciri yang mirip. Permasalahan umum ini mengakibatkan kerugian finansial karena bibit yang ditanam tidak sesuai dengan harapan dan tujuan. Beberapa diantaranya pedagang bibit alpukat keliling mencari banyak keuntungan dengan menjual bibit yang tidak sesuai, meski hanya oknum tertentu yang curang dalam menjual bibit tanaman alpukat. Permasalahan serupa terjadi di “Toko Bibit dan Bunga Hikmah Tani Kadugede”. Dengan banyaknya jenis tanaman alpukat yang ada disini membuat kurangnya kepercayaan pembeli terhadap pedagang bibit, sehingga dibutuhkan pakar alpukat. Pada penelitian ini, Bapak Yana, sebagai pakar sekaligus pemilik “Toko Bibit dan Bunga Hikmah Tani Kadugede” yang telah menjalankan usaha bibit tanaman selama 5 tahun, turut berkontribusi.

Dalam permasalahan ini, perlu adanya pengetahuan untuk mengidentifikasi jenis bibit alpukat, sehingga pembeli dan pelaku usaha ketika membeli bibit alpukat dapat mengetahui perbedaan jenis bibit alpukat secara akurat, tetapi pembeli dan pelaku usaha harus dapat membedakannya secara langsung, agar terbiasa, mudah, dan tepat.

Salah satu untuk mengatasi permasalahan ini dengan menggunakan teknologi Deep Learning. Deep Learning adalah cabang ilmu dari Machine Learning yang algoritmanya terinspirasi dari struktur atau cara kerja otak manusia. Struktur tersebut dinamakan Artificial Neural Networks atau disingkat ANN atau disebut juga Jaringan Saraf Tiruan atau disingkat JTT. Deep Learning juga memiliki algoritma tersendiri antara-lain: Convolutional Neural Network (CNN), Long Short Term Memory Network (LSTM), (RNN), Self Organizing Maps (SOM) (Riziq sirfatullah Alfarizi et al., 2023).

Convolutional Neural Network (CNN) adalah algoritma Deep Learning yang dirancang khusus untuk memproses dan mengenali informasi dalam bentuk gambar. CNN dapat menerima input berupa gambar dan secara otomatis akan mengidentifikasi objek atau fitur di dalamnya. Dengan proses training, CNN

mampu mengenali pola-pola kompleks dan membedakan satu gambar dari yang lain. Keunggulan CNN terletak pada kemampuannya meniru cara kerja korteks visual manusia, sehingga sangat efektif dalam pengolahan citra (Kusumastuti et al., 2024).

Pada tahapan mengidentifikasi, dibutuhkan sistem untuk melakukan pemilihan jenis. MobileNet adalah model dengan arsitektur streamlined yang menggunakan depthwise separable convolutions untuk membangun deep neural network. Depthwise separable convolution terdiri dari dua lapisan: depthwise convolution yang menerapkan filter pada citra input dan pointwise convolution yang menggabungkan hasilnya, sehingga mengurangi beban komputasi (Syahputra, 2023).

Sehubungan dengan penelitian yang dilakukan, referensi terhadap penelitian sebelumnya sangat penting untuk menghindari plagiarisme atau duplikasi. Berikut beberapa ulasan penelitian terdahulu yang telah dilakukan mengenai metode yang digunakan dan hasil yang diperoleh.

Penelitian mengenai “Deteksi Objek untuk Produk Retail dengan TensorFlow 2” yang dilakukan oleh Ahmad Azzam Alhanafi dan Arrie Kurniawardhan (Alhanafi & Kurniawardhani, 2024). Dataset yang digunakan sebanyak 12.473 gambar, terbagi ke dalam 2-3 kelas gambar produk. Model penelitian ini memanfaatkan arsitektur SSD MobileNetV2 FPNLite dengan jumlah Langkah pelatihan 40.000 steps dan batch size sebesar 16. Peneliti mempercepat dan meningkatkan performa menggunakan metode transfer learning dengan memanfaatkan pre-trained model dataset COCO 2017. Ukuran input gambar, yaitu 320x320, 640x640, dan 1024x1024. Variasi ukuran ini digunakan untuk menemukan keseimbangan yang optimal antara kecepatan (speed) dan performa (performance) model. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model dengan ukuran input 640x640 menghasilkan performa terbaik dengan nilai mean Average Precision (mAP) sebesar 0.7204917656. Dari segi waktu inferensi, model dengan ukuran input 320x320 memiliki keunggulan signifikan dalam kecepatan, dengan waktu inferensi sebesar 73 ms. Hal ini menjadikan model 320x320 sangat cocok untuk aplikasi yang membutuhkan deteksi objek secara *real-time* di perangkat bergerak dengan sumber

daya komputasi terbatas. Namun, model ini sedikit kalah dalam hal akurasi dibandingkan model 640x640.

Penelitian mengenai “Implementasi Metode Convolutional Neural Network Untuk Identifikasi Citra Digital Daun” yang dilakukan oleh Asmaul Husnah Nasrullah, Haditsah Annur (Nasrullah & Annur, 2023). Dataset yang digunakan sebanyak 10.000 gambar dalam format jpg, masing-masing 400 gambar untuk 10 jenis daun tanaman yang berbeda, diantaranya daun nangka, jambu biji, sirih, jeruk nipis, belimbing uluh, kemangi, seledri, pepaya, pandan, dan lidah buaya. Dalam penelitian ini ukuran datasetnya 224x224 pixel. Hasil dari penelitian ini menghasilkan akurasi sebesar 92% dan nilai f1-Score sebesar 88,51. Nilai recall sebesar 87% dan nilai precision sebesar 89%. Dengan hasil tersebut maka dapat dikatakan bahwa penggunaan metode Convolutional Neural Network (CNN) akurat digunakan untuk identifikasi daun tanaman berdasarkan visualisasi citra dari sepuluh jenis daun tumbuhan.

Penelitian mengenai “Comparison of EfficientNetB7 and MobileNetV2 in Herbal Plant Species Classification Using Convolutional Neural Networks” yang dilakukan oleh Seno Arnandito, Theopilus Bayu Sasongko (Arnandito & Sasongko, 2024). Dataset yang digunakan sebanyak 1000 gambar dalam format jpg, masing-masing 100 gambar untuk 10 jenis daun tanaman herbal, diantaranya daun jambu biji, kari, kemangi, kunyit, mint, pepaya, sirih, sirsak, lidah buaya, dan teh hijau. Penelitian ini membandingkan model arsitektur EfficientNetB7 dan MobileNetV2. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa EfficientNetB7 maupun MobileNetV2 berhasil mencapai tingkat akurasi sekitar 98% dalam mengidentifikasi jenis tanaman herbal. EfficientNetB7 unggul dalam akurasi, precision, recall, dan F1-score dibandingkan dengan MobileNetV2. Hasil dari penelitian ini menunjukkan potensi kuat untuk arsitektur CNN seperti EfficientNetB7 dalam sistem pengenalan tanaman herbal otomatis, yang mendukung pengembangan aplikasi web dengan akurasi dan klasifikasi yang lebih tinggi.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka peneliti mengangkat judul penelitian ***“Klasifikasi Jenis Tanaman Alpukat Berdasarkan Bentuk Daun Menggunakan Algoritma CNN”***.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, peneliti dapat mengidentifikasi beberapa masalah yang terjadi, diantaranya:

1. Identifikasi secara manual membutuhkan ahli botani atau agronom, yang sulit diakses di daerah Kuningan. Proses manual tidak efektif untuk diterapkan pada populasi tanaman dalam jumlah besar.
2. Pembeli mengalami kesulitan dalam membedakan jenis tanaman Alpukat, sehingga pembeli salah identifikasi dan mengalami kerugian finansial.
3. Daun alpukat memiliki bentuk yang beragam, tergantung pada jenisnya. Variasi ini terkadang sulit dibedakan oleh pengamat manusia, terutama jika pengamatan dilakukan dalam kondisi non-standar (misalnya pencahayaan buruk atau sudut pandang gambar yang tidak konsisten).

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi permasalahan yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana cara membangun aplikasi klasifikasi jenis tanaman alpukat aligator, kendil, dan mentega di “Toko Bibit dan Bunga Hikmah Tani Kadugede”?
2. Bagaimana menerapkan algoritma Convolutional Neural Network (CNN) untuk mengklasifikasikan jenis tanaman alpukat berdasarkan bentuk daun?

1.4 Batasan Masalah

Dalam topik penelitian ini, permasalahan yang muncul perlu adanya batasan masalah atau ruang lingkup kajian, agar penyajiannya lebih terfokus dan terarah.

1. Aplikasi ini dirancang untuk membantu pembeli dan pemilik “Toko Bibit dan Bunga Hikmah Tani Kadugede”.
2. User dari aplikasi ini adalah pembeli dan pemilik “Toko Bibit dan Bunga Hikmah Tani Kadugede”.
3. Aplikasi ini hanya digunakan untuk *smartphone* berbasis Android.

4. Jenis bibit alpukat yang diklasifikasikan hanya 3 jenis, yaitu alpukat aligator, kendil, dan mentega, dengan ciri-ciri daun sebagai berikut:
 - **Alpukat aligator:** Daun berbentuk oval, panjang, ujungnya lancip, dan bagian sampingnya bergelombang.
 - **Alpukat kendil:** Daun berbentuk oval, sedikit melingkar, bagian sampingnya rapi dan tidak bergelombang.
 - **Alpukat mentega:** Daun berbentuk oval, panjang, dan bagian sampingnya tidak bergelombang.
5. Dataset yang digunakan berjumlah total 4.800 gambar termasuk data augmentasi.
6. Ukuran gambar yang digunakan 320x320 pixel.
7. Format gambar yang digunakan adalah .jpg dengan jenis warna RGB.
8. Diterapkan algoritma Convolutional Neural Network (CNN) pada proses training model untuk identifikasi jenis daun bibit alpukat aligator, kendil, dan mentega.
9. Menggunakan model pre-trained SSD MobileNetV2 FPNLite.
10. Framework yang digunakan yaitu TensorFlow.
11. Firebase sebagai database untuk manajemen user.
12. Aplikasi ini ditujukan untuk pengguna smartphone dengan sistem operasi android minimal oreo, kamera belakang 5MP, dan RAM 2GB.
13. Dataset dibagi menjadi 3, diantaranya data *training* 80%, data *testing* 10%, dan data *validation* 10%.

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah permasalahan telah dijelaskan sebelumnya, maka didapat tujuan perancangan sebagai berikut.

1. Membangun aplikasi klasifikasi jenis tanaman alpukat aligator, kendil, dan mentega di “Toko Bibit dan Bunga Hikmah Tani Kadugede”.
2. Menerapkan algoritma Convolutional Neural Network (CNN) untuk mengklasifikasikan jenis tanaman alpukat berdasarkan bentuk daun.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat Manfaat pembuatan aplikasi klasifikasi jenis tanaman alpukat diantaranya sebagai berikut.

1. Manfaat Teoritis

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan keilmuan tentang penerapan algoritma Convolutional Neural Network (CNN) terhadap aplikasi klasifikasi jenis tanaman alpukat dan dapat menjadi referensi bagi peneliti lainnya.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Peneliti

Membantu peneliti meningkatkan pemahaman dan keterampilan Deep Learning dalam membangun aplikasi Android menggunakan algoritma CNN untuk klasifikasi gambar dalam identifikasi bibit alpukat. Selain itu, penelitian ini memperkuat keterampilan ilmiah peneliti, yang sangat berharga untuk pengembangan karier di dunia teknologi.

b. Bagi User (Penjual dan Pembeli)

1. Membantu penjual mengurangi kemungkinan kesalahan identifikasi bibit yang dapat menimbulkan kekecewaan pembeli. Dengan menyediakan aplikasi yang dapat mengklasifikasikan jenis tanaman alpukat berdasarkan bentuk daun secara tepat dan efektif, penjual dapat menjaga reputasi dan loyalitas pelanggan.
2. Membantu pembeli untuk memastikan bibit yang mereka beli sesuai dengan jenis yang diinginkan. Dengan akurasi klasifikasi yang tinggi dari algoritma CNN, pembeli dapat lebih yakin terhadap kualitas bibit, sehingga meningkatkan kepercayaan mereka kepada penjual.

1.7 Pertanyaan Penelitian

Pertanyaan penelitian yang dibahas dalam skripsi ini yaitu sebagai berikut.

1. Apakah algoritma CNN dapat secara akurat mengklasifikasikan jenis tanaman alpukat berdasarkan bentuk daun?

2. Apakah sistem klasifikasi berbasis CNN ini dapat diterapkan untuk mendukung kebutuhan klasifikasi jenis tanaman alpukat aligator, kendil, dan mentega di Toko Bibit dan Bunga Hikmah Tani Kadugede?

1.8 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan pertanyaan penelitian di atas, maka didapatkan hipotesis penelitian sebagai berikut.

Penggunaan algoritma Convolutional Neural Network (CNN) pada aplikasi berbasis Android dapat meningkatkan akurasi dalam mengklasifikasikan jenis tanaman alpukat berdasarkan bentuk daun secara efektif.

1.9 Metodologi Penelitian

Untuk memperoleh data penelitian, harus ditentukan metode dan teknik penelitian. Karena itu, pada bagian ini dijelaskan metode yang akan digunakan dalam penelitian yang sesuai dengan karakteristik penelitian serta alasan pemilihan metode tersebut. Biasanya didalamnya terdiri dari teknik pengumpulan data, metode pengembangan sistem, dan metode penyelesaian masalah.

1.9.1 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan suatu cara untuk mendapatkan informasi atau data penelitian. Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

a. Observasi

Metode observasi adalah metode pengumpulan data dengan mengamati dan melihat secara langsung di lokasi objek penelitian. Pada penelitian ini, peneliti melakukan observasi di 3 toko bibit yang ada di Kabupaten Kuningan, seperti di toko Mutiara Bibit, Kebun Bunga Warno Warni, dan toko Bibit Hikmah Tani Kadugede. Pada saat itu, peneliti menemui bapak Yana selaku pemilik dari Toko Bibit dan Bunga Hikmah Tani Kadugede. Pada observasi ini, di Toko Bibit Hikmah Tani Kadugede ditemukan permasalahan-

permasalahan yang dialami oleh penjual dan pembeli dalam membeli suatu bibit tanaman alpukat.

b. Wawancara

Setelah melakukan metode observasi di Toko Bibit Hikmah Tani Kadugede, peneliti melakukan kegiatan wawancara dengan bapak Yana selaku pemilik Toko Bibit Hikmah Tani Kadugede. Gambar 1.1 merupakan gambar kegiatan wawancara bersama bapak Yana.



Gambar 1.1 Kegiatan Wawancara Dengan Narasumber

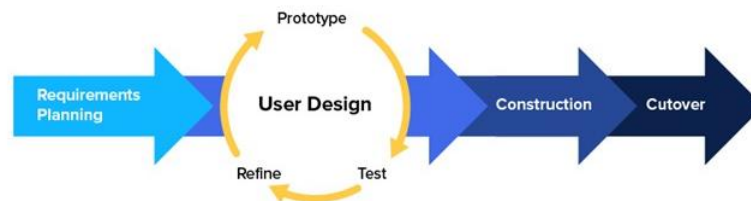
c. Studi Pustaka

Dalam pembuatan laporan tugas akhir ini, peneliti mencari dan mengumpulkan informasi-informasi yang diperlukan dari berbagai sumber, seperti: buku, jurnal dan website sebagai referensi. Sumber-sumber yang dibutuhkan mengenai Computer Vision, Deep Learning, Algoritma CNN, TensorFlow, MobileNetV2, SSD, Image Classification, Android, dan literatur terkait.

1.9.2 Metode Pengembangan Sistem

Metode pengembangan sistem yang digunakan dalam perancangan sistem aplikasi android ini yaitu menggunakan metodologi Rapid Application Development (RAD). Menurut (L. E. Zen & Iswavigra, 2023) RAD merupakan model pengembangan perangkat lunak yang berorientasi pada objek. RAD ditujukan untuk mengurangi pemakaian waktu yang semula membutuhkan waktu yang lama, dengan RAD waktu yang digunakan lebih efektif. RAD menerapkan metode berulang (iteratif) untuk mengembangkan sistemnya secara bertahap dengan

menetapkan sesuai dengan kebutuhan user.



Gambar 1. 2 Model RAD diambil dari (L. E. Zen & Iswavigra, 2023)

Model RAD memiliki beberapa tahapan pengembangan software diantaranya:

a. Requierements Planning

Tahap ini, peneliti meneliti masalah yang sedang berlangsung, memutuskan apa yang diperlukan dalam membangun suatu sistem aplikasi, karena langkah ini merupakan tahap pertama untuk mencapai keberhasilan dalam pembangunan sebuah sistem (L. E. Zen & Iswavigra, 2023).

b. User Design

Tahap ini terdapat 3 tahapan dalam User Design, diantaranya: *Prototype*, *Test*, dan *Refine*. Pada tahap *Prototype*, pengembang membuat *Prototype* sebagai representasi awal sistem yang memungkinkan pengguna untuk memahami fitur-fitur yang akan ada dalam aplikasi. Pada tahap *Test*, pengguna memberikan umpan balik berdasarkan pengalaman menggunakan prototype, apakah fitur sudah sesuai dengan kebutuhan dan apakah ada bug atau masalah yang perlu diperbaiki. Pada tahap *Refine* peneliti memperbaiki bug dan fitur yang tidak diinginkan hingga *Prototype* memenuhi harapan pengguna dan persyaratan sistem (quixy.com, 2024).

c. Construction

Tahap ini, Construction diawali dari tahap desain hingga model kerja. peneliti memastikan bahwa sistem atau aplikasi yang dibangun berfungsi

dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan user. Tahapan pertama yang dilakukan yaitu membangun front-end dari sistem/aplikasi. Setelah front-end dibangun selanjutnya dilakukan pembangunan back-end sistem/aplikasi dimana proses back-end dilakukan dengan menerapkan framework tertentu (L. E. Zen & Iswavigra, 2023).

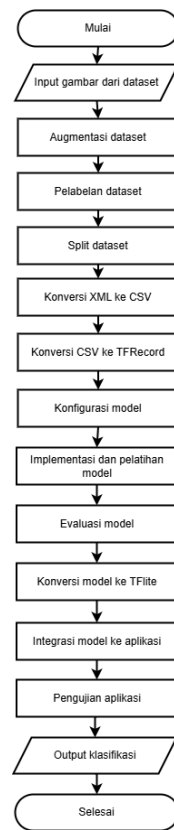
d. Cutover

Tahap ini peneliti melakukan pengujian setelah construction, baik dari segi front-end dan back-end telah sesuai. Pengujian dilakukan dengan meninjau kembali sistem yang sudah jadi. Setelah dilakukan peninjauan dan sistem sudah layak digunakan, maka sistem dapat di implementasikan (L. E. Zen & Iswavigra, 2023).

1.9.3 Metode Penyelesaian Masalah

Metode penyelesaian masalah yang digunakan oleh peneliti yaitu dengan menggunakan metode Deep Learning dengan menerapkan algoritma Convolutional Neural Network (CNN) dan Framework TensorFlow untuk mengklasifikasikan jenis tanaman alpukat.

Convolutional Neural Network (CNN) adalah algoritma Deep Learning yang dirancang khusus untuk memproses dan mengenali informasi dalam bentuk gambar. Kemampuannya sangat efektif dalam pengolahan citra, dapat meniru cara kerja konteks visual manusia, mampu mengenali pola-pola kompleks, dan membedakan satu gambar dari yang lain dengan menggunakan sistem *image classification* dan *object detection* (Kusumastuti et al., 2024). TensorFlow digunakan sebagai pengembangan model Deep Learning untuk data set dari daun bibit alpukat aligator, kendil, dan mentega. Dalam hal ini, CNN merupakan solusi yang efektif dalam pengolahan citra karena terinspirasi dari struktur dan fungsi otak manusia, yang dikenal sebagai Artificial Neural Networks (ANN) atau Jaringan Saraf Tiruan (JST) (Riziq sirfatullah Alfarizi et al., 2023). Berikut adalah Gambar 1.3 alur penyelesaian masalah.



Gambar 1. 3 Alur Penyelesaian Masalah

1. Pengumpulan dataset

Penelitian ini diawali dengan tahap pengumpulan dataset yang digunakan untuk membangun sebuah model. Dataset tersebut terdiri dari gambar daun bibit alpukat jenis aligator, kendil, dan mentega, dengan per kelas mencakup 105 gambar.

2. Augmentasi dataset

Augmentasi dataset dilakukan untuk meningkatkan performa model dengan cara memperbanyak ke 1.600 gambar per kelas dengan total 4.800 gambar. Dalam proses augmentasi dataset diubah ukurannya menjadi 320x320.

3. Pelabelan dataset

Dataset yang telah dilakukan augmentasi, diunggah ke *platform roboflow* untuk pemberian anotasi atau label pada setiap gambar dalam dataset.

4. Membagi dataset menjadi *training*, *validation*, dan *testing*.

Data yang telah di augmentasi atau diberi label, akan dipisahkan secara acak dengan proporsi *training* 80%, *validation* 10%, dan *testing* 10%.

5. Konversi XML ke CSV

Melakukan konversi anotasi dari file XML ke CSV agar sederhana, mudah diolah, dan ringkas.

6. Konversi CSV ke TFRecord

Melakukan konversi anotasi dari file CSV ke TFRecord untuk mempersiapkan dataset agar bisa dibaca oleh TensorFlow

7. Konfigurasi model

Melakukan konfigurasi pada `pipeline.config` model pre-trained SSDMobileNetV2 FPNLite,

8. Implementasi dan pelatihan model

Pada tahap ini, desain model yang mencakup arsitektur CNN khususnya model pre-trained SSDMobileNetV2 FPNLite diterapkan pada dataset untuk mengarahkan checkpoint, menentukan jumlah kelas, menyesuaikan parameter pelatihan seperti batch size dan learning rate. Selanjutnya, model akan mulai dilatih agar mampu belajar dan mengenali pola dari gambar.

9. Evaluasi model

Pada tahap ini, performa model akan dilatih dan diuji kembali menggunakan dataset validasi dan pengujian.

10. Konversi model ke TFlite

Model yang sudah dilatih akan dikonversi ke format TensorFlow Lite sekaligus konversi ke TFLite metadata, dengan tujuan membuat model lebih ringan dan dapat digunakan di aplikasi Android.

11. Integrasi model ke aplikasi

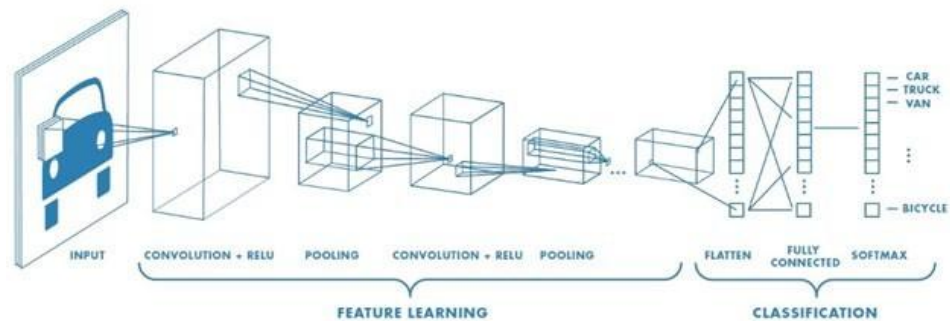
Model TensorFlow Lite diterapkan ke dalam aplikasi android dengan menambahkan library TensorFlow Lite ke proyek Android Studio.

12. Pengujian aplikasi

Aplikasi yang sudah dibangun akan diuji untuk memastikan semua fitur, seperti klasifikasi gambar, klasifikasi *realtime*, dan antarmuka pengguna berjalan dengan lancar.

13. Output Klasifikasi

Output untuk klasifikasi gambar akan berupa nama kelas dan informasi ciri daun alpukat. Output untuk klasifikasi *realtime* akan menampilkan bounding box dengan kotak-kotak yang menandai objek yang dikenali.



Gambar 1. 4 Alur Arsitektur algoritma CNN.

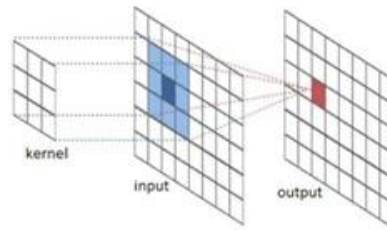
Berikut adalah penjelasan setiap tahapan pada arsitektur algoritma CNN.

a. Input Layer

Input Layer merupakan masukan nilai awal yang nantinya dilewatkan ke hidden layer berupa nilai suatu bobot untuk diproses dan nantinya akan keluar melalui output layer dalam bentuk bobot (Untoro, 2020).

b. Convolutional Layer

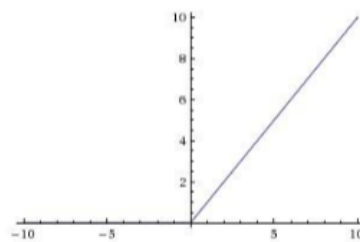
Convolutional Layer merupakan bagian utama dari CNN, karena sebagian besar komputasi pada CNN dilakukan di lapisan ini. Lapisan ini bertujuan untuk mengekstraksi fitur dari citra input menggunakan filter kernel yang digunakan pada CNN berukuran 3x3 dan setiap sub citra yang berukuran sama dengan kernel, dilakukan operasi konvolusi (Alamsyah & Pratama, 2020).



Gambar 1. 5 Convolutional Layer.

c. Aktivasi ReLU

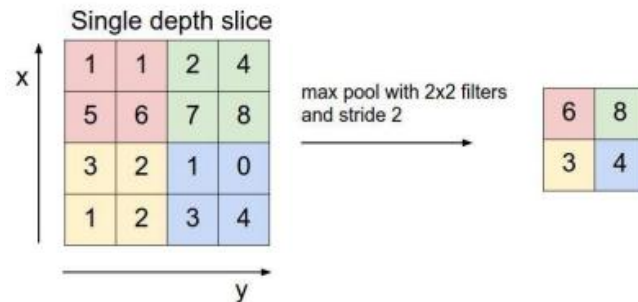
Aktivasi ReLU (Rectified Linear Unit) merupakan lapisan aktivasi pada model CNN yang mengaplikasikan fungsi $f(x) = \max(0, x)$ yang berarti fungsi ini melakukan thresholding dengan nilai nol terhadap nilai piksel pada input citra. Aktivasi ini membuat seluruh nilai piksel yang bernilai kurang dari nol atau negative pada suatu citra akan dijadikan 0 (Ilahiyah & Nilogiri, 2018).



Gambar 1. 6 Aktivasi ReLU

d. Pooling Layer

Pooling Layer adalah lapisan fungsi untuk *feature maps* sebagai masukan dan mengolahnya dengan berbagai operasi statistik nilai piksel terdekat. Bentuk lapisan pooling yang paling umum digunakan adalah menggunakan filter berukuran 2x2. Sebagai contoh jika menggunakan *max pooling* 2x2 dengan stride dua, maka pada setiap pergeseran filter, nilai maximum pada area 2x2 pixel tersebut yang akan dipilih (Peryanto et al., 2019a).

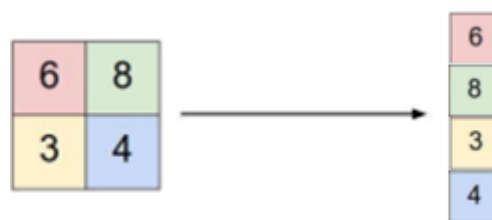


Gambar 1. 7 Pooling Layer (max polling)

Tujuan dari penggunaan *Pooling Layer* adalah mengurangi dimensi dari *feature maps* (downsampling), sehingga mempercepat komputasi karena parameter yang harus diperbaharui semakin sedikit dan mengatasi *over fitting* (Peryanto et al., 2019a).

e. *Flatten Layer*

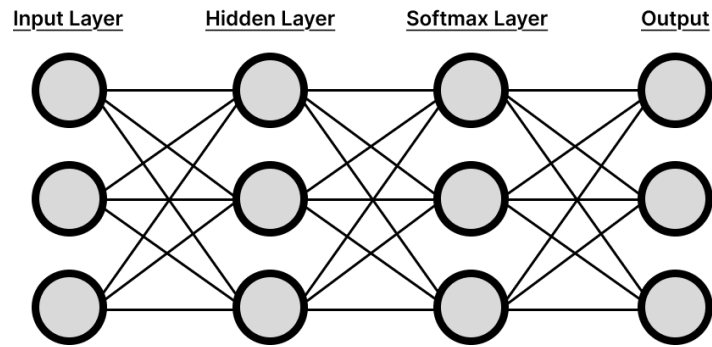
Flatten Layer adalah layer yang bertujuan untuk mengubah data dua dimensi menjadi satu dimensi. Pada proses ini, setiap baris pada *feature maps* akan disusun secara vertical (Candra & Prapanca, 2020).



Gambar 1. 8 Flatten Layer

f. *Fully Connected Layer*

Fully Connected Layer adalah lapisan dimana semua neuron aktivitas dari lapisan sebelumnya terhubung semua dengan neuron di lapisan selanjutnya. Lapisan *Fully Connected* biasanya digunakan pada metode Multi lapisan Perceptron dan bertujuan untuk mengolah data sehingga bisa diklasifikasikan (Peryanto et al., 2019a).



Gambar 1. 9 Fully Connected Layer

Berikut adalah perhitungan dari setiap hidden layer (Maulana & Harahap, 2024).

$$\sum_{i=0}^n I_i * V_{ij} = J_i$$

$$\sum_{i=0}^n J_i * W_{ij} = H_i$$

$$\sum_{i=0}^n H_i * X_{ij} = O_i$$

g. Aktivasi *Softmax*

Aktivasi *Softmax* adalah lapisan yang digunakan untuk mengklasifikasi lebih dari dua kelas, fungsi dari softmax sendiri yaitu mengubah keluaran dari lapisan terakhir menjadi distribusi probabilitas dasar (Ayu et al., 2023b). Berikut adalah perhitungan untuk aktivasi *Softmax* (Maulana & Harahap, 2024).

$$S(O_i) = \frac{e^{O_i}}{\sum_{j=1}^n e^{O_j}}$$

Sebagai ilustrasi, penelitian yang dilakukan oleh Frisca Ayu Fatika Sari, Resty Wulaningrum, Lilia Sinta Wahyuniar mengenai “Penggunaan Metode CNN (Convolutional Neural Network) untuk Klasifikasi Jenis Tanaman Alpukat Berdasarkan Pola Daun” (Ayu et al., 2023b). Dalam menentukan suatu akurasi, dihitung dengan rumus berikut.

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{jumlah data benar}}{\text{jumlah data uji}} \times 100 = \dots$$

Tabel 1.1 Pembagian Dataset

Jenis Daun Alpukat	Data Training	Data Testing
Alpukat aligator	150	20
Alpukat miki	150	20
Alpukat red viedam	150	20
Total keseluruhan	450	60

Dalam ilustrasi tersebut, pembagian dataset dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu data *training* dan data *testing*. Data *training* terdiri dari 450 sampel yang digunakan untuk melatih model dan data testing terdiri dari 60 sampel yang digunakan untuk menguji performa model. Hasil pengujian data sebagai berikut.

Uji Skenario 1 (10 epoch)

Tabel 1.2 Uji Skenario 1

Target	Hasil	
	B	S
Alligator (1-20)	17	3
Miki (21- 40)	15	5
Red viednam (41-60)	4	16
Total Keseluruhan	36	4

Uji Skenario 2 (20 epoch)

Tabel 1.3 Uji Skenario 2

Target	Hasil	
	B	S
Alligator (1-20)	18	2
Miki (21- 40)	20	0
Red viednam (41-60)	19	1
Total Keseluruhan	57	3

Uji Skenario 3 (30 epoch)

Tabel 1.4 Uji Skenario 3

Target	Hasil	
	B	S
Alligator (1-20)	19	1
Miki (21- 40)	20	0
Red viednam (41-60)	20	0
Total Keseluruhan	59	1

Hasil dari pengujian skenario pada ilustrasi, dapat dilakukan perhitungan akurasi dengan rumus berikut ini:

Uji skenario 1

$$\text{Akurasi} = \frac{36}{60} \times 100 = 60\%$$

Uji skenario 2

$$\text{Akurasi} = \frac{57}{60} \times 100 = 95\%$$

Uji skenario 3

$$\text{Akurasi} = \frac{59}{60} \times 100 = 98\%$$

Berdasarkan uji coba epoch yang telah dilakukan pada ilustrasi tersebut, semakinbanyaknya epoch mempengaruhi akurasi sistem untuk mengklasifikasikan secara benar sehingga meningkatkan tingkat keakurasian.

1.10 Jadwal Penelitian

Jadwal pelaksanaan penelitian dibuat dengan tahapan yang jelas dalam bentuk bar chart.

Tabel 1.5 Jadwal Penelitian

No	Tahapan	Tahun 2024																Tahun 2025											
		September				Oktober				November				Desember				Januari				Februari				Maret			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1.	Requirements Planning																												
2.	User Design																												
3.	Construction																												
4.	Cutover																												

Berikut adalah penjelasan rencana jadwal penelitian berdasarkan tabel diatas.

a. Requirements Planning (Perencanaan Kebutuhan)

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan kebutuhan yang mencakup:

- Identifikasi masalah yang dihadapi oleh pelaku usaha di Toko Bibit dan Bunga Hikmah Tani Kadugede.
- Studi literatur terkait aplikasi berbasis CNN dan metode RAD.
- Pengumpulan data seperti gambar daun alpukat untuk kebutuhan dataset.

b. User Design (Desain Pengguna)

Pada tahap ini peneliti membuat desain aplikasi yang sesuai dengan kebutuhan pengguna seperti:

- Mendesain antarmuka aplikasi untuk mempermudah pengguna, seperti fitur unggah gambar dan klasifikasi *realtime* daun alpukat.
- Membuat perancangan diagram UML untuk menggambarkan alur sistem.
- Membuat prototipe awal aplikasi menggunakan desain wireframe atau mockup.

c. Construction (Pengembangan)

Pada tahap ini, dilakukan pengembangan mencakup:

- a. Pengembangan algoritma CNN dengan mengkonfigurasi model pre-trained SSDMobileNetV2 FPNLite untuk mengklasifikasi dan mendeteksi jenis tanaman alpukat berdasarkan bentuk daun.
- b. Pembuatan aplikasi klasifikasi jenis tanaman alpukat berbasis *Android* menggunakan *Android Studio* dengan bahasa pemrograman Kotlin.
- c. Mengintegrasikan Firebase sebagai manajemen user
- d. Melakukan pengujian awal model pada dataset, untuk memastikan akurasi klasifikasi berfungsi dengan baik.

d. Cutover (Implementasi dan Evaluasi)

Pada tahap ini, dilakukan implementasi dan evaluasi aplikasi mencakup:

- a. Melakukan pengujian aplikasi di Toko Bibit dan Bunga Hikmah Tani Kadugede untuk memastikan aplikasi di berfungsi dengan baik.
- b. Evaluasi performa aplikasi berdasarkan hasil pengujian (*accuracy*, *precision*, *recall* dari model CNN).
- c. Finalisasi aplikasi dan penyempurnaan laporan hasil penelitian.

1.11 Sistematika Penelitian

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas tentang latar belakang masalah, identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, pertanyaan penelitian, dan metodologi penelitian seperti metode pengumpulan data, metode pengembangan sistem, serta metode penyelesaian masalah

BAB II : LANDASAN TEORITIS

Pada bab ini menjelaskan tentang landasan-landasan teori yang relevan terkait penelitian yang dilakukan, penelitian sebelumnya, dan kerangka teoritis.

BAB III : ANALISA DAN PERANCANGAN

Pada bab ini menjelaskan proses analisis terhadap masalah yang dihadapi serta strategi penyelesaiannya dalam membangun aplikasi klasifikasi tanaman alpukat berdasarkan bentuk daun berbasis Android dengan penerapan Algoritma CNN, beserta perancangan untuk input dan output dari aplikasi yang dibuat.

BAB IV : IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Pada bab ini berisi tentang implementasi sistem dan pengujian sistem. Uji implementasi sistem dilakukan untuk mengukur tingkat efisiensi penerapan sebuah aplikasi dan atau sistem bagi pengguna. Pengujian sistem dilakukan untuk mengukur keselarasan fungsi logika, mekanisme operasional sebuah aplikasi dan atau sistem.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini merangkum hasil dari semua bab sebelumnya dan saran-saran yang diharapkan dapat memberikan manfaat dalam proses pengembangan yang akan datang.