BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pohon beringin merupakan salah satu jenis tanaman yang banyak dijumpai diberbagai wilayah Indonesia. Pohon beringin yang merupakan tanaman asli asia tenggara termasuk dari Indonesia dan Sebagian Australia ini banyak ditanam sebagai tanaman dekoratif difasilitas umum seperti alun-alun, lapangan umum, perindangan jalan maupun tanaman dekoratif dihalaman kantor dan rumah (Heyne 2010, Bauer & Speck 2012). Banyaknya jenis pohon beringin mengakibatkan sulitnya untuk membedakan jenis pohon beringin secara langsung karena berbagai pola bentuk, tekstur yang bervariasi menjadikan pohon beringin sulit untuk dikenali oleh masyarakat awam. Kesulitan ini semakin diperparah dengan kemiripan karakteristik fisik pohon beringin, sehingga masyarakat kesulitan untuk mengklasifikasinya dengan tepat. Masalah serupa juga dihadapi oleh Rabiku Florist, salah satu kios di Kuningan yang menyediakan berbagai jenis, termasuk pohon beringin. Penjual dan pembeli di Rabiku Florist sering menghadapi kendala dalam mengidentifikasi pohon beringin secara manual akibat keterbatasan pengetahuan, pengalaman, dan referensi yang dimiliki mengenai karakteristik pohon beringin. Selain itu, pembeli di Rabiku Florist sering mengandalkan penjual untuk mendapatkan informasi akurat terkait pohon beringin, yang menjadi tantangan Ketika penjual tidak memiliki alat bantu yang memadai. Kesulitan ini menekankan pentingnya solusi berbasis teknologi untuk mempermudah proses identifikasi pohon beringin sengan cara yang cepat, akurat dan andal.

Kemajuan pada ranah kecerdasan buatan, terutama melalui penerapan *Convolutional Neural Network* (CNN), menghadirkan alternatif solusi yang menjanjikan dalam menangani persoalan identifikasi pohon beringin. CNN merupakan salah satu pendekatan dalam Deep Learning

yang dimanfaatkan untuk melakukan klasifikasi citra (Anjani et al., 2021). Sejumlah studi sebelumnya telah membuktikan kapabilitas CNN dalam tugas klasifikasi. Riset yang dilaksanakan oleh (Wijaya et al., 2020) mencatat capaian akurasi sebesar 76% dalam proses pengenalan jenis, yang menunjukkan bahwa CNN efektif digunakan sebagai metode klasifikasi dalam proses identifikasi.

Berangkat dari potensi tersebut, penelitian ini menitikberatkan pada pengembangan aplikasi berbasis Android yang dirancang untuk mengklasifikasikan jenis pohon beringin. Model yang diterapkan menggunakan arsitektur CNN dengan strategi transfer learning melalui *MobileNetV2*, salah satu arsitektur deep learning yang telah teruji kinerjanya. Hasil pengujian terdahulu yang dilakukan menggunakan *platform Google Colab* memperlihatkan bahwa model ini mampu mencapai akurasi pelatihan sebesar 86% dan akurasi validasi sebesar 91%, dengan tingkat kesalahan (error) pada tahap training dan validation masing-masing sebesar 0,26 dan 0,17 (Ali Nur Hidayat, 2023). Aplikasi tersebut akan diwujudkan dalam bentuk aplikasi mobile berbasis Android agar dapat diakses secara mudah oleh masyarakat umum, termasuk penjual maupun pembeli, sehingga proses identifikasi pohon beringin dapat dilakukan secara cepat dan tepat. Melalui sistem ini, diharapkan tercipta kontribusi nyata berupa solusi teknologi yang membantu mempermudah identifikasi pohon beringin sekaligus mengurangi kendala yang kerap dialami oleh pengguna non-ahli.

Melalui pengembangan aplikasi yang menggunakan algoritma CNN untuk mengklasifikasikan pohon beringin, diharapkan akan ada sistem yang mampu melakukan identifikasi pohon dengan cepat dan tepat. Selain itu, sistem ini juga diharapkan dapat meningkatkan pemahaman tentang pohon beringin di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan sumbangsih bagi proses digitalisasi pengetahuan mengenai pohon beringin secara lebih luas. Selain itu, diharapkan dapat meningkatkan mutu layanan identifikasi pohon beringin di berbagai bidang. Berdasarkan uraian tersebut,

penelitian ini berjudul **"Klasifikasi Jenis-jenis Pohon Beringin Menggunakan Algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN)."**

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, terdapat beberapa permasalahan utama yang dapat diidentifikasi dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Staff penjual dan pembeli di Rabiku Florist serta masyarakat awam sering kali mengalami kesulitan dalam membedakan jenis pohon beringin karena kemiripan karakter fisik, seperti pola, bentuk, dan tekstur daun yang bermacam-macam diantara pohon beringin.
2. Staff penjual dapat salah mengidentifikasi jenis pohon beringin yang dijual, sehingga informasi yang diberikan kepada pembeli menjadi tidak akurat. Hal ini bisa mengakibatkan ketidakpuasan pelanggan karena tanaman yang dibeli tidak sesuai dengan yang diharapkan.
3. Belum ada teknologi alternatif yang dapat membantu masyarakat, staff penjual dan pembeli dalam mengidentifikasi pohon beringin dengan cepat, akurat, dan andal.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah diidentifikasi sebelumnya, maka fokus penelitian ini dapat dirumuskan dalam beberapa pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang aplikasi berbasis teknologi yang dapat membantu masyarakat, staff penjual dan pembeli di Rabiku Florist dalam mengidentifikasi pohon beringin secara cepat dan akurat?
2. Bagaimana mengimplementasikan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) pada apliksai identifikasi jenis pohon beringin agar dapat memberikan informasi karakteristik fisik serupa, seperti pola, bentuk dan tekstur daun, menjadi informasi yang akurat terkait jenis pohon beringin?

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan tidak melebar dari tujuan yang telah ditetapkan, maka ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada beberapa aspek berikut:

1. Jenis pohon beringin yang difokuskan adalah 5 jenis, diantaranya:
    a. Beringin Dollar
    b. Beringin Kimeng
    c. Beringin Jepang
    d. Beringin Korea Bulat
    e. Beringin Korea Oval
2. Sistem yang dikembangkan berupa aplikasi berbasis Android.
3. Metode klasifikasi yang digunakan adalah algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN).
4. Dataset penelitian berjumlah 5.000 citra, dengan distribusi masing-masing 1.000 citra untuk setiap kelas. Sebanyak 800 citra per kelas diperoleh langsung dari Toko Tanaman Rabiku Florist, sedangkan 200 citra per kelas bersumber dari *platform Kaggle*.
5. Seluruh citra menggunakan format .jpg dengan resolusi yang telah diseragamkan menjadi 224×224 piksel.
6. Proses klasifikasi hanya memanfaatkan fitur visual daun, seperti bentuk, warna, dan tekstur, tanpa mempertimbangkan karakteristik non-visual seperti aroma maupun kandungan kimia.
7. *Output* sistem berupa informasi nama jenis pohon yang terdeteksi beserta tampilan gambar dan deskripsi dalam bentuk teks.
8. Data dibagi menjadi : 70% *Training*, 20% *Testing* dan 10% *Validation*.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengembangkan sistem berbasi teknologi untuk membantu masyarakat awam, staff penjual dan pembeli di Rabiku Florist untuk membedakan jenis pohon beringin berdasarkan karakteristik fisik, seperti pola, bentuk dan

tekstur daun, serta memberikan informasi akurat terkait jenis pohon beringin.

2. Merancang solusi berbasi teknologi yang cepat, akurat, dan andal guna meningkatkan kualitas layanan di Rabiku Florist serta mempermudah masyarakat dalam membedakan pohon beringin.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan dampak positif, baik dalam ranah akademik maupun implementasi di lapangan. Adapun manfaat yang diharapkan dijelaskan sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis :
   a. Studi ini diharapkan mampu memperkaya kontribusi keilmuan, khususnya dalam pengembangan pendekatan klasifikasi jenis pohon beringin dengan memanfaatkan algoritma Convolutional Neural Network (CNN).
   b. Temuan penelitian ini juga diharapkan dapat menambah khazanah literatur ilmiah terkait implementasi CNN dalam kegiatan identifikasi dan pengelompokan tanaman, terutama pohon beringin yang tumbuh di Indonesia
2. Manfaat Praktis
   a. Menghasilkan sebuah aplikasi berbasis CNN untuk klasifikasi pohon beringin yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat umum, penjual, maupun pembeli di Rabiku Florist guna mengenali serta membedakan jenis pohon secara lebih cepat dan akurat.
   b. Aplikasi yang dirancang diharapkan mampu meningkatkan wawasan masyarakat dan pihak penjual mengenai ciri-ciri serta kegunaan pohon beringin, sehingga informasi yang disampaikan kepada pembeli menjadi lebih tepat dan dapat dipercaya.
   c. Sistem yang dikembangkan berpotensi menjadi landasan bagi pengembangan aplikasi sejenis di wilayah lain, sekaligus mendorong proses digitalisasi pengetahuan tentang pohon beringin di Indonesia secara lebih luas.

1.7 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian yang telah dijabarkan, maka pertanyaan yang dapat dirumuskan adalah :

1. Bagaimana penerapan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) dalam mengidentifikasi jenis pohon beringin berdasarkan karakteristik fisiknya, seperti pola, bentuk, dan tekstur daun?
2. Seberapa akurat algoritma CNN dalam membedakan jenis pohon beringin dibandingkan dengan metode identifikasi manual?
3. Bagaimana efektivitas aplikasi berbasis CNN dalam membantu masyarakat awam dan staff penjual di Rabiku Florist untuk mengidentifikasi dan memberikan informasi terkait pohon beringin secara cepat, akurat, dan andal?

1.8 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dalam penelitian ini menyatakan bahwa Algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) dapat mengidentifikasi jenis pohon beringin dengan akurasi tinggi berdasarkan karakteristik fisiknya, seperti pola, bentuk dan tekstur daun dan aplikasi berbasis CNN lebih unggul daripada metode manual dalam hal kecepatan dan akurasi, serta diharapkan dapat meningkatkan pemahaman masyarakat dan penjual tentang pohon beringin, yang berdampak pada peningkatan kualitas layanan dan kepercayaan pembeli.

1.9 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian merupakan rangkaian prosedur dan tahapan yang digunakan sebagai pedoman dalam pelaksanaan penelitian. Konsep ini mencakup aturan, pendekatan, serta langkah sistematis yang diterapkan untuk mencapai tujuan penelitian secara terarah. Secara umum, penelitian dapat dipahami sebagai proses ilmiah untuk memperoleh kebenaran melalui kegiatan pengkajian dan analisis yang dilakukan secara terstruktur (Utami & Zein, 2023).

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan mencakup beberapa tahapan utama, yaitu teknik pengumpulan data, metode pengembangan sistem, serta pendekatan yang digunakan dalam penyelesaian permasalahan.

1.9.1 Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, proses pengumpulan data dilaksanakan menggunakan beberapa teknik yang disesuaikan dengan kebutuhan serta sasaran penelitian. Rincian metode yang diterapkan adalah sebagai berikut:

1. Observasi

   Observasi dilakukan melalui observasi langsung ditempat penelitian yaitu kios Bunga Rabiku Florist untuk mengumpulkan data berupa dokumentasi gambar pohon beringin yang akan digunakan sebagai dataset pengembangan model CNN. Selama proses observasi, peneliti mengamati dan mengumpulkan data jenis pohon beringin, mengambil foto dari berbagai sudut, mencatat ciri fisik setiap pohon seperti bentuk daun dan tekstur, serta mengidentifikasi nama local dan nama ilmiah dari setiap pohon beringin yang ada.

2. Wawancara

   Selain observasi, peneliti juga melakukan sesi wawancara dengan Bapak Tatang Kusriadi sebagai penjual di Rabiku Florist guna memperoleh informasi yang lebih komprehensif terkait pohon beringin. Pembahasan dalam wawancara meliputi jumlah dan variasi jenis pohon yang tersedia, ciri khas setiap jenis, kendala dalam proses identifikasi dan klasifikasi, serta kebutuhan akan sistem klasifikasi otomatis untuk meningkatkan efisiensi kerja. Kegiatan ini bertujuan untuk memastikan keakuratan data yang telah dikumpulkan sekaligus memperoleh masukan mengenai tahapan pra-pemrosesan citra yang diperlukan.

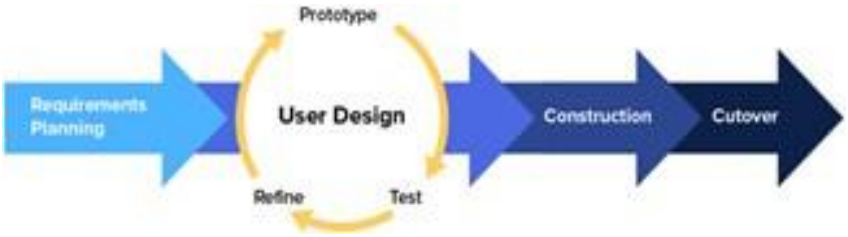
3. Studi Pustaka

Metode studi pustaka dilakukan dengan menelaah berbagai referensi ilmiah seperti jurnal, buku, serta dokumen teknis yang relevan sebagai dasar teoritis penelitian. Fokus kajian mencakup penerapan CNN dalam klasifikasi citra, teknik pra-pemrosesan data, konsep fundamental *deep learning*, dan pengolahan citra digital. Melalui proses ini, peneliti memperoleh landasan konseptual dan referensi metodologis yang mendukung perancangan sistem klasifikasi pohon beringin secara tepat dan akurat.

1.9.2 Metode Pengembangan Sistem

Metode pengembangan sistem yang diterapkan dalam penelitian ini adalah *Rapid Application Development* (RAD), yang termasuk dalam salah satu pendekatan pada *System Development Life Cycle* (SDLC). RAD merupakan model pengembangan perangkat lunak yang berorientasi pada proses iteratif dengan penekanan pada waktu pengerjaan yang relatif singkat. Pendekatan ini dirancang untuk mempercepat siklus pembangunan sistem melalui tahapan yang terstruktur namun tetap adaptif terhadap perubahan kebutuhan. Dengan karakteristik tersebut, RAD dinilai efektif dalam menghasilkan sistem informasi yang efisien dari segi waktu, akurasi, maupun biaya pengembangan (Hidayat & Hati, n.d.).

Pemilihan metode RAD dalam penelitian ini didasarkan pada sejumlah keunggulan yang dimilikinya, seperti durasi pengembangan yang lebih cepat, fleksibilitas dalam menyesuaikan kebutuhan pengguna, serta tingginya tingkat keterlibatan pengguna selama proses pembangunan sistem. Selain itu, pendekatan ini juga berkontribusi dalam meminimalkan potensi kesalahan karena adanya evaluasi dan umpan balik secara berkelanjutan (Hidayat & Hati, 2021).



Gambar 1. 1 Tahapan Metode Rapid Application Development

Sumber : (Nurman Hidayat & Kusuma Hati, 2021)

Metode ini memiliki beberapa tahapan, yaitu perencanaan kebutuhan, desain sistem, pengembangan dan implementasi :

1. Perencanaan Kebutuhan

   Tahap awal dilakukan melalui komunikasi dan diskusi antara peneliti dan pengguna guna mengidentifikasi permasalahan yang sedang dihadapi sekaligus merumuskan kebutuhan sistem yang akan dibangun. Proses ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman yang menyeluruh terkait fitur, fungsi, serta batasan aplikasi yang dikembangkan. Dengan adanya kesepahaman sejak awal, potensi terjadinya miskomunikasi dalam proses pengembangan dapat diminimalkan (Hidayat & Hati, 2021).

2. Desain Sistem

   Setelah kebutuhan sistem terdefinisi, langkah berikutnya adalah menyusun rancangan aplikasi secara terstruktur. Perancangan dilakukan agar solusi yang dikembangkan mampu menjawab permasalahan yang ada dan berjalan sesuai dengan tujuan penelitian. Dalam penelitian ini, model sistem divisualisasikan menggunakan *Unified Modeling Language* (UML) untuk menggambarkan alur kerja dan struktur aplikasi. Rancangan tersebut menjadi pedoman utama dalam tahap pengembangan sehingga proses implementasi dapat dilakukan secara sistematis (Hidayat & Hati, 2021).

3. Pengembangan

   Tahap pengembangan merupakan proses penerjemahan rancangan sistem ke dalam bentuk aplikasi nyata melalui penulisan kode program

(*coding*). Pada fase ini, desain yang telah dibuat direalisasikan menjadi perangkat lunak yang dapat dijalankan. Implementasi teknologi dilakukan dengan memanfaatkan metode *machine learning* berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN) menggunakan arsitektur *MobileNetV2*. Selain itu, bahasa pemrograman Kotlin digunakan untuk membangun aplikasi sesuai dengan desain yang telah direncanakan (Hidayat & Hati, 2021).

4. Implementasi

   Tahapan implementasi dilakukan dengan mengintegrasikan aplikasi yang telah dikembangkan ke dalam lingkungan pengguna. Sistem kemudian diuji untuk memastikan seluruh fungsi berjalan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Proses pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja aplikasi serta memastikan kesesuaiannya dengan tujuan awal perancangan.

1.9.3 Metode Penyelesaian Masalah

Proses yang dilakukan pada program klasifikasi jenis pohon beringin terdiri dari beberapa tahapan seperti Pengumpulan dataset, *pre processing* dataset, merancang arsitektur CNN, mengimplementasikan CNN, dan menguji hasil dan akurasi klasifikasi. Adapun tahapan pada penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. 2 Alur Penyelesaian Masalah Sumber : (Azmi et al., n.d. 2023)

1. **Pengumpulan Dataset**

   Tahap pertama dalam penelitian ini adalah pengumpulan data set daun pohon beringin yang akan digunakan, yang diperoleh langsung dari lokasi penelitian serta sumber lainnya, seperti *platform Kaggle*. Dataset yang digunakan mencakup 5000 gambar daun pohon beringin yang terbagi kedalam 5 kelas, yaitu Beringin Dollar, Beringin Kimeng, Beringin Jepang, Beringin Korea Bulat, dan Beringin Korea Oval. Data ini akan digunakan sebagai bahan untuk pelatihan dan pengujian model dalam penelitian.

2. ***Pre-processing* Dataset**

   Tahap *pre-processing* dilakukan setelah seluruh dataset berhasil dikumpulkan. Proses ini bertujuan untuk menyesuaikan ukuran setiap citra agar memiliki dimensi yang seragam sehingga dapat diproses lebih lanjut secara optimal (Wijaya et al., 2020). Perbedaan resolusi pada gambar pohon beringin terjadi karena data diperoleh dari dua sumber yang berbeda, sehingga menghasilkan variasi ukuran piksel. Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan proses *resize* pada seluruh citra agar memiliki ukuran yang sama. Pada penelitian ini, dataset yang terdiri dari lima kelas dipersiapkan sebagai data mentah yang kemudian diubah dimensinya menjadi 224×224 piksel sebelum memasuki tahap pelatihan model.

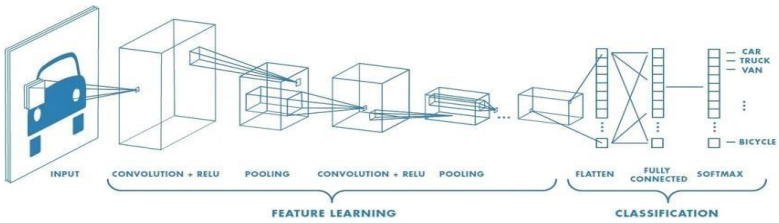
3. **Merancang Arsitektur CNN**

   Peneliti melanjutkan dengan merancang arsitektur CNN. Pada tahap ini, data yang telah diproses melalui tahap *pre-processing* digunakan untuk merancang dan melatih algoritma CNN.

   Arsitektur model *Convolutional Neural Network* (CNN) yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada metode transfer learning berbasis *MobileNetV2*. Metode ini memungkinkan penggunaan model pralatih dengan kemampuan pengenalan fitur visual yang sangat baik, sehingga waktu pelatihan dapat digunakan

lebih efisien. Arsitektur *MobileNet* berfokus pada penghapusan masalah gradien menghilang, yang muncul karena fungsi kerugian diturunkan untuk menghitung bobot. Perkalian berulang dalam pembelajaran mendalam menyebabkan gradien menurun hingga hilang sumber bertambahnya lapisan (Ali Nur Hidayat, 2023). *MobileNetV2* sangat cocok untuk klasifikasi pohon beringin yang memerlukan pengenalan detail tekstur, bentuk dan warna yang kompleks karena arsitekturnya yang mendalam dengan 50 layer dan kemampuan *skip connection* untuk mengatasi masalah ini.

Convolutional Neural Network (CNN) adalah metode *Deep Learning* yang dapat digunakan untuk proses klasifikasi gambar (Anjani et al., 2021). *Convolutional Layer* berfungsi mengekstraksi fitur gambar menggunakan filter yang menghasilkan *feature map*, dengan setiap filter mendeteksi pola tertentu. ReLU menggantikan nilai negative dalam *feature map* dengan nol untuk meningkatkan sifat non-linearitas. *Pooling layer*, seperti *max-pooling* atau *average-pooling*, berfungsi mengecilkan ukuran feature map untuk mengurangi dimensionalitas dan membuat model lebih robust terhadap distorsi kecil. Selanjutnya, *fully connected layer* mengolah fitur yang telah diekstraksi menjadi output berupa hasil klasifikasi, seperti yang ditunjukan pada Gambar 1.3.



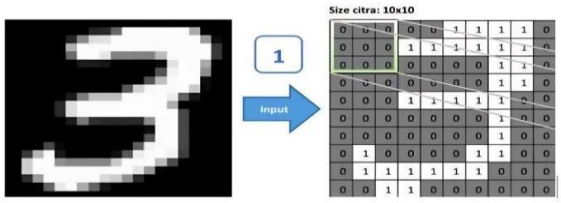
Gambar 1. 3 Tahapan Klasifikasi Citra di CNN (Arsitektur CNN)
Sumber : (Intan Permatasari, n.d.)

Merujuk pada Gambar 1.3, struktur umum *Convolutional Neural Network* (CNN) tersusun atas beberapa lapisan yang saling terhubung, yaitu *Input Layer*, *Convolutional Layer*, fungsi aktivasi

ReLU, *Pooling Layer*, *Flatten Layer*, *Fully Connected Layer*, serta fungsi aktivasi *Softmax*. Setiap lapisan memiliki fungsi spesifik dalam tahapan klasifikasi citra. Berikut ini dipaparkan mekanisme kerja CNN melalui proses *feed forward*:

1. ***Input Layer***

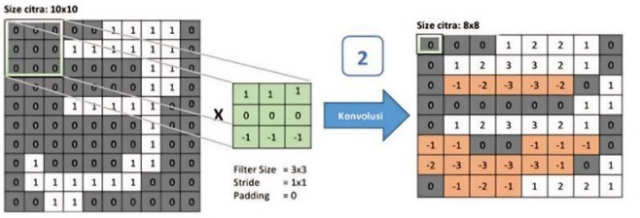
   Lapisan *input* merupakan tahap awal yang menerima citra untuk diproses oleh jaringan. Sebagai ilustrasi, apabila citra berukuran 240x240 piksel dengan format RGB (Red, Green, Blue), maka data tersebut direpresentasikan dalam bentuk array multidimensi berukuran 240x240x3, di mana angka 3 menunjukkan jumlah kanal warna merah, hijau, dan biru (Allaam & Wibowo, n.d.). Representasi ini menjadi dasar bagi proses ekstraksi fitur pada lapisan berikutnya.



Gambar 1. 4 Contoh Input Layer
Sumber : (Allaam & Wibowo, 2021)

2. ***Convolutional Layer***

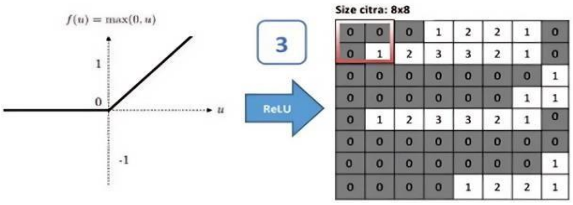
   Lapisan konvolusi berperan sebagai tahap awal dalam mengekstraksi fitur penting dari citra input. Pada proses ini, gambar dipindai menggunakan sejumlah filter atau kernel untuk menghasilkan representasi baru tanpa menghilangkan pola utama dari citra asli. Proses konvolusi memungkinkan sistem mengenali elemen-elemen visual seperti tepi, tekstur, dan bentuk yang relevan untuk pembelajaran model (Dzaky et al., 2021). Keluaran dari tahap ini disebut *feature map*, yaitu peta fitur hasil transformasi konvolusi.



Gambar 1. 5 Proses Convolutional Layer
Sumber : (Allaam & Wibowo, 2021)

3. Fungsi Aktivasi: ReLU

Setelah proses konvolusi dan sebelum pooling, diterapkan fungsi aktivasi ReLU (*Rectified Linear Unit*), yang juga digunakan pada setiap neuron di hidden layer dalam tahap *fully connected*. ReLU dirumuskan sebagai f(x) = max(0, x), yang berarti seluruh nilai kurang dari nol akan diubah menjadi nol. Penerapan fungsi ini bertujuan mengurangi sifat linear pada hasil konvolusi sehingga jaringan lebih mudah mencapai performa optimal (Allaam & Wibowo, 2021).

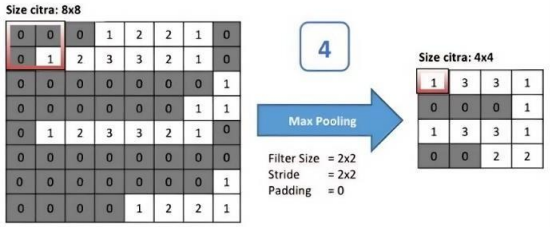


Gambar 1. 6 Proses Fungsi Aktivasi ReLU
Sumber : (Allaam & Wibowo, 2021)

4. *Pooling Layer*

Lapisan *pooling* bertugas melakukan reduksi dimensi terhadap *feature map* melalui proses *downsampling*. Filter berukuran tertentu digerakkan di atas *feature map* untuk merangkum informasi penting. Dua metode yang umum digunakan adalah *Max Pooling*, yang mengambil nilai maksimum pada setiap area, dan *Average Pooling*, yang menghitung nilai rata-rata. Tahap ini membantu mempercepat

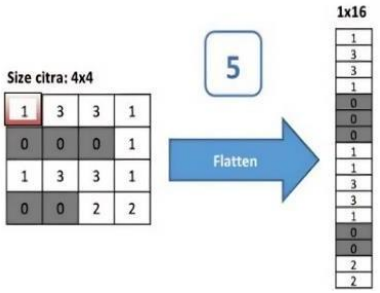
komputasi karena jumlah parameter yang diproses menjadi lebih sedikit (Allaam & Wibowo, 2021).



Gambar 7. Proses Pooling pada Max Pooling
Sumber : (Allaam & Wibowo, 2021)

5. *Flatten Layer*

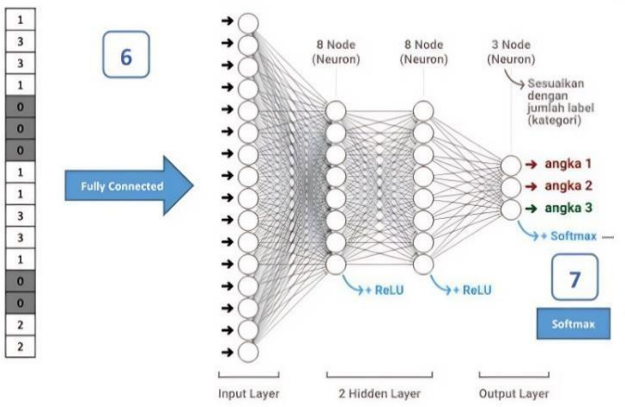
Sebelum memasuki tahap klasifikasi, *feature map* yang masih berbentuk multidimensi diubah menjadi vektor satu dimensi melalui proses *flatten*. Tahapan ini bertujuan melakukan reshape terhadap data agar dapat digunakan sebagai *input* pada lapisan *fully connected* (Allaam & Wibowo, 2021).



Gambar 1. 7 Proses Flatten Layer Sumber : (Allaam & Wibowo, 2021)

6. *Fully Connected Layer*

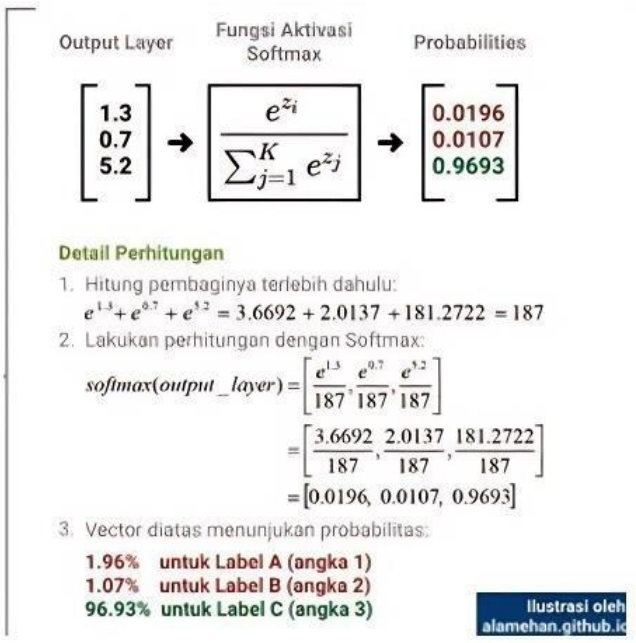
Lapisan *fully connected* terdiri atas *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer* yang saling terhubung secara penuh. Pada tahap ini, data yang telah diekstraksi fiturnya diolah lebih lanjut untuk menentukan hasil klasifikasi. Jika menggunakan fungsi *Softmax* pada bagian *output*, maka keluaran yang dihasilkan berupa probabilitas untuk setiap kategori kelas (Allaam & Wibowo, 2021).



Gambar 1. 8 Proses Fully Connected Sumber : (Allaam & Wibowo, 2021)

7. Fungsi Aktivasi: *Softmax*

Softmax diterapkan pada lapisan output untuk kasus klasifikasi multi-kelas (lebih dari dua kelas). Fungsi ini menghitung distribusi probabilitas bagi setiap kelas yang tersedia sehingga sistem dapat menentukan kategori dengan probabilitas tertinggi sebagai hasil prediksi. Nilai keluaran *Softmax* berada pada rentang 0 hingga 1, dan total seluruh probabilitas bernilai satu (Allaam & Wibowo, 2021).



Gambar 1. 9 Fungsi Aktivasi Softmax Sumber : (Allaam & Wibowo, 2021)

8. Mengimplementasikan CNN

Pada tahap implementasi, data jenis pohon beringin diproses menggunakan metode CNN dengan bantuan bahasa pemrograman Python serta library TensorFlow. Data yang telah melalui tahapan sebelumnya kemudian dianalisis mengikuti struktur arsitektur CNN untuk menghasilkan model klasifikasi yang sesuai.

9. Menguji Hasil dan Akurasi Klasifikasi

Evaluasi performa model dilakukan menggunakan metrik akurasi. Nilai akurasi diperoleh dengan membandingkan jumlah prediksi yang benar terhadap keseluruhan prediksi, lalu dikalikan 100% untuk mendapatkan persentase. Pengukuran ini memberikan gambaran mengenai tingkat ketepatan model dalam melakukan klasifikasi secara menyeluruh (Azmi et al., n.d.).

4. Perencanaan Kebutuhan

Tahapan ini diawali dengan pengumpulan informasi melalui komunikasi langsung bersama pihak Rabiku Florist guna mengidentifikasi permasalahan yang dihadapi. Salah satu kendala utama yang ditemukan adalah kesulitan dalam membedakan jenis pohon beringin karena kemiripan karakteristik fisik antar daun. Berdasarkan hasil diskusi tersebut, dirumuskan kebutuhan sistem yang akan dikembangkan, termasuk fitur inti berupa proses klasifikasi daun berbasis citra digital serta penyediaan informasi deskriptif mengenai jenis pohon beringin yang teridentifikasi**.**

5. Desain Sistem

Setelah kebutuhan sistem ditentukan, langkah berikutnya adalah menyusun perancangan teknis aplikasi secara terstruktur. Proses ini

mencakup pembuatan model sistem menggunakan *Unified Modeling Language* (UML) untuk memvisualisasikan mekanisme kerja aplikasi. Diagram *use case* digunakan untuk menggambarkan hubungan antara pengguna dan sistem, sedangkan *class* diagram berfungsi menjelaskan struktur data serta relasi antar komponen yang terlibat. Selain perancangan fungsional, desain antarmuka juga dikembangkan dengan mempertimbangkan kemudahan penggunaan agar sesuai dengan kebutuhan operasional penjaga kios.

6. **Pengembangan**

   Tahap pengembangan merupakan proses realisasi dari rancangan yang telah disusun sebelumnya ke dalam bentuk perangkat lunak yang dapat dijalankan. Pada fase ini dilakukan penulisan kode program sekaligus pembangunan basis data sebagai penyimpanan informasi. Sistem klasifikasi dikembangkan dengan memanfaatkan metode machine learning berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN), yang didukung oleh teknologi pemrograman dan framework pendukung lainnya untuk memastikan kinerja sistem berjalan optimal.

7. **Implementasi**

   Tahapan akhir berupa penerapan aplikasi secara langsung di lingkungan Rabiku Florist. Sistem yang telah dibangun diuji untuk menilai tingkat akurasi hasil klasifikasi serta efektivitas penggunaannya oleh penjaga kios. Selain itu, dilakukan evaluasi terhadap pengalaman pengguna guna memastikan aplikasi mampu memberikan kemudahan dalam proses identifikasi pohon beringin secara cepat, tepat, dan mendukung peningkatan kualitas pelayanan kepada pelanggan.

1.10 Jadwal Penelitian

Rencana pelaksanaan kegiatan penelitian disusun dalam bentuk timeline yang memuat tahapan-tahapan kerja secara sistematis. Uraian waktu dan rangkaian aktivitas penelitian tersebut disajikan secara rinci pada Tabel 1.1 sebagai acuan pelaksanaan penelitian.

Tabel 1. 1 Jadwal Penelitian

Kegiatan Penelitian	Oktober				November				Desember				Januari				Februari			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Perencanaan Kebutuhan																				
Desain Sistem																				
Pengembangan																				
Implementasi																				