

SKRIPSI

CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK UNTUK KLASIFIKASI
JENIS ANGGREK



AHMAD NURUL FURQON
NPM. 19.0504.0009

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA S1
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG
MEI 2024

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Tanaman anggrek merupakan jenis tanaman hias yang banyak ditemukan jenisnya di Indonesia. Tanaman anggrek mempunyai banyak jenis contohnya jenis *Dendrobium*, *Phalaenopsis*, *Vanda*, *Cattleya* dan sebagainya. Anggrek juga dikenal sebagai tanaman yang memiliki bunga yang indah dan tahan lama. Tanaman yang merupakan familia *Orchidaceae* ini adalah salah satu tanaman hias yang populer karena keindahan bunganya. Keindahan bunga anggrek menjadi daya tarik yang paling memikat penggemar anggrek (Novita et al., 2018). Keindahan bunga anggrek bisa didapatkan jika proses budidayanya dilakukan secara tepat terutama semenjak anggrek masih berusia muda.

Pada tahap awal budidaya anggrek, sangat penting bagi pembudidaya pemula untuk mengidentifikasi jenis anggrek yang mereka tanam agar mereka dapat memperoleh informasi yang akurat tentang cara merawat anggrek sesuai dengan jenisnya agar anggrek dapat tumbuh dan berbunga secara optimal (Allaam & Wibowo, 2021). Pada kenyataannya, banyak pembudidaya pemula dalam budidaya anggrek yang menghadapi kendala dalam mengoptimalkan proses budidaya, sehingga anggrek yang mereka tanam mengalami kesulitan untuk tumbuh dan berbunga dengan baik. Permasalahan ini sering kali disebabkan oleh kurangnya pengetahuan memadai dalam mengenali dan mengidentifikasi Jenis anggrek serta kebutuhan perawatan yang spesifik untuk setiap jenis anggrek. Kurangnya akses terhadap literatur yang relevan juga menjadi kendala dalam mencari informasi yang dibutuhkan.

Teknologi yang semakin berkembang dapat mengatasi permasalahan tersebut dalam mengenali Jenis Anggrek dengan menggunakan proses klasifikasi. Proses klasifikasi adalah proses pengelompokan objek berdasarkan ciri atau karakteristik tertentu. Proses klasifikasi yang tepat dapat memudahkan dalam mengidentifikasi jenis anggrek. Dalam membantu proses klasifikasi, terdapat beberapa metode klasifikasi yang sering digunakan yaitu *K-Nearest Neighbour* (KNN), *Support Vector Machine* (SVM), dan *Convolutional Neural Network* (CNN). KNN dan SVM merupakan metode *machine learning* yang terbukti

berhasil dalam berbagai tugas klasifikasi, namun dalam penelitian ini nantinya akan berfokus pada penggunaan CNN sebagai metode klasifikasi. CNN adalah salah satu teknik dalam bidang *deep learning*, yang merupakan bagian dari *machine learning*. CNN telah terbukti memberikan hasil klasifikasi yang unggul dalam berbagai tugas pengenalan citra, seperti klasifikasi objek dan deteksi wajah. Metode *machine learning* memiliki keunggulan waktu komputasi yang lebih cepat dan terbukti berhasil dalam tugas klasifikasi, namun memiliki keterbatasan dalam mengekstrak ciri data sehingga berpengaruh terhadap performa klasifikasi. Sementara itu metode *deep learning* dapat mengidentifikasi pola dan fitur citra dengan lebih akurat sehingga membuat metode CNN memiliki performa klasifikasi yang lebih tinggi dibandingkan metode KNN dan SVM (Naufal, 2021).

CNN nantinya dapat digunakan dalam sistem klasifikasi yaitu pengelompokan jenis anggrek berdasarkan bentuk daun dari jenis anggrek. CNN terdiri dari dua tahap yaitu *Convolutional* untuk ekstraksi ciri dan *Neural Network* untuk klasifikasi. CNN memiliki beberapa model arsitektur yang dapat digunakan untuk klasifikasi seperti *AlexNet*, *VGG*, *ResNet*, dan lain sebagainya. Penelitian ini akan menggunakan model arsitektur VGG-16. VGG-16 dipilih karena telah menunjukkan kemampuannya dengan menjuarai kompetisi *Imagenet Large Scale Visual Recognition Challenge* (ILSVRC) pada tahun 2014. VGG-16 mampu mengklasifikasikan 1000 objek atau gambar dari 1000 kategori yang berbeda dengan akurasi mencapai 92,7%. Menurut (Krishnaswamy Rangarajan & Purushothaman, 2020) VGG-16 memiliki lapisan ekstraksi ciri yang banyak sehingga dapat melakukan ekstraksi ciri yang lebih baik dan dapat menghasilkan performa klasifikasi yang tinggi.

Berdasarkan permasalahan diatas, penelitian ini menerapkan metode CNN dan menggunakan model arsitektur dari CNN untuk melakukan proses klasifikasi sehingga dapat membantu mengenali dan mengidentifikasi jenis anggrek yang dibudidayakan. Pada penelitian ini akan dilakukan klasifikasi jenis anggrek berdasarkan bentuk daun yang terdiri dari *Cattelya*, *Dendrobium*, dan *Vanda* menggunakan model arsitektur CNN yaitu VGG-16. Hasil penelitian diharapkan model arsitektur VGG-16 dapat menghasilkan performa klasifikasi yang tinggi dalam mengklasifikasikan jenis anggrek. Berdasarkan uraian tersebut, maka

dibuatlah penelitian ini dengan judul “*Convolutional Neural Network Untuk Klasifikasi Jenis Anggrek*”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, maka masalah penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana mekanisme dari model arsitektur VGG-16 dalam klasifikasi jenis anggrek?
2. Bagaimana hasil performa dari model arsitektur VGG-16 dalam klasifikasi jenis anggrek?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan penelitian yang akan dicapai adalah:

1. Untuk mengetahui mekanisme dari model arsitektur VGG-16 dalam klasifikasi jenis anggrek.
2. Untuk mengetahui hasil performa dari model arsitektur VGG-16 dalam klasifikasi jenis anggrek.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah disebutkan di atas, maka hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat teoritis

Secara teoritis, penelitian ini diharapkan dapat mengetahui pengaruh penggunaan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) dalam mengklasifikasikan Jenis tanaman anggrek.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Penulis

Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan pengetahuan mengenai metode CNN untuk klasifikasi jenis anggrek.

b. Bagi Akademik

Dengan adanya penelitian ini dapat memberikan kontribusi dan dapat menjadi referensi bagi yang membutuhkan.

c. Bagi Pembaca

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, informasi dan sebagai referensi bagi yang memerlukan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Relevan

Penelitian yang dilakukan oleh (Allaam & Wibowo, 2021) yang berjudul “Klasifikasi Genus Tanaman Anggrek Menggunakan Metode *Convolutional Neural Network*” hasil penelitian dari jurnal ini bertujuan untuk membangun sebuah aplikasi pengklasifikasi jenis anggrek yang dibudidayakan dengan menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN). Model CNN yang digunakan pada penelitian ini adalah model CNN kustom dan MobileNetV2. Data yang digunakan pada penelitian berjumlah 800 citra dengan 5 kelas yaitu *Cattleya*, *Dendrobium*, *Oncidium*, *Phalaenopsis* dan *Vanda*. Pada penelitian ini juga menerapkan image preprocessing yang salah satunya adalah menghapus background pada dataset untuk meningkatkan akurasi klasifikasi. Dari kedua model CNN yang digunakan, model MobileNetV2 memiliki akurasi yang tinggi. Model MobileNetV2 menghasilkan akurasi testing dengan menggunakan data lapangan sebesar 90.44% dan akurasi testing menggunakan data internet sebesar 82.54%. Model tersebut dapat digunakan untuk diterapkan dalam pembangunan aplikasi pengklasifikasi anggrek.

Penelitian yang dilakukan oleh (Zainuri & Pamungkas, 2020) yang berjudul “Implementasi Metode *Convolutional Neural Network* (CNN) Untuk Klasifikasi Jenis Bunga Anggrek”, penelitian ini bertujuan untuk membuat aplikasi yang dapat mengidentifikasi jenis bunga anggrek berdasarkan citra jenis bunga anggrek dengan menggunakan citra sebanyak 140. Hasil penelitian menunjukkan dengan menggunakan *Convolutional Neural Network* sistem identifikasi citra bunga anggrek menghasilkan akurasi probabilitas sebesar 0.872. Selain itu aplikasi pengklasifikasian yang dibuat dapat lebih mengoptimalkan proses klasifikasi.

Menurut (Elia et al., 2022) dalam jurnal “Klasifikasi Kesegaran Daging Sapi Menggunakan Deep Learning Arsitektur VGG16 Dengan Augmentasi Citra” hasil penelitian dari jurnal ini menunjukkan augmentasi data dan penggunaan CNN dengan arsitektur VGG16 sangat baik diimplementasikan dalam klasifikasi kesegaran daging sapi. Augmentasi data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah rotasi citra secara acak dengan derajat maksimal 90°, melakukan cropping

secara random, dan melakukan perubahan dengan mengatur saturasi, kontras dan juga kecerahan citra. Dalam penelitian ini didapatkan presentase akurasi tertinggi sebesar 97,14% dan ketika diujikan dengan data validasi mendapatkan akurasi sebesar 98,68%.

Penelitian yang dilakukan oleh (Rozaqi et al., 2021) yang berjudul “Implementasi Transfer Learning Pada Algoritma Convolutional Neural Network Untuk Identifikasi Penyakit Daun Kentang” penelitian ini membahas penerapan metode image processing, yaitu menggunakan algoritma Convolutional Neural Network (CNN) untuk mengidentifikasi penyakit pada daun kentang. Penyakit pada daun kentang yang sering ditemui adalah early blight dan late blight. Karena pentingnya jumlah data yang cukup dalam pengembangan model CNN, penelitian ini memanfaatkan metode Transfer Learning untuk menghindari overfitting pada data yang tidak cukup ideal atau terlalu sedikit. Transfer Learning merupakan metode yang menggunakan arsitektur CNN yang sudah dilatih oleh data lain sebelumnya yang kemudian digunakan untuk klasifikasi citra pada data yang baru. Metode Transfer Learning yang digunakan pada penelitian ini adalah VGG-16, Inception-V3 dan ResNet-50. Penelitian ini membandingkan metode Transfer Learning yang digunakan untuk mencari metode yang terbaik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan Transfer Learning dengan arsitektur VGG-16 memberikan performa klasifikasi terbaik. Model yang dihasilkan mampu mencapai nilai akurasi sebesar 95%, yang merupakan nilai tertinggi dibandingkan dengan metode Transfer Learning lainnya.

Menurut (Hao et al., 2021) dalam jurnal “A Comprehensive Study of Data Augmentation Strategies for Prostate Cancer Detection in Diffusion-Weighted MRI Using Convolutional Neural Networks” penelitian ini membahas tentang pengaruh augmentasi data terhadap performa model deep learning untuk deteksi kanker prostat. Dalam penelitian ini menerapkan lima teknik augmentasi yang paling sering digunakan diantaranya *random rotation*, *horizontal flip*, *vertical flip*, *random crop*, dan *translation*. Kelima teknik tersebut digunakan pada dataset Diffusion MRI prostat dari 414 pasien lalu mengevaluasi pengaruh dari masing-masing teknik augmentasi terhadap akurasi deteksi kanker prostat. Model deep learning yang dipakai pada penelitian ini adalah model yang dibuat sendiri yang

terdiri dari *shallow* CNN dan *deep* CNN. Akurasi yang dihasilkan model *shallow* CNN menggunakan lima teknik augmentasi yang berbeda yaitu *random rotation*, *horizontal flip*, *vertical flip*, *random crop*, dan *translation* didapatkan secara berurutan 88.93, 83.81, 83.74, 86.23, 86.95. Lalu akurasi yang dihasilkan model *deep* CNN menggunakan lima teknik augmentasi yang berbeda yaitu *random rotation*, *horizontal flip*, *vertical flip*, *random crop*, dan *translation* didapatkan secara berurutan 83.01, 82.03, 82.43, 82.95, 85.56

Berdasarkan penelitian terdahulu, penulis melakukan penelitian untuk melakukan klasifikasi jenis anggrek dengan menggunakan model arsitektur CNN yaitu VGG-16. Penelitian ini akan berfokus pada penggunaan dari model arsitektur VGG-16 untuk klasifikasi jenis anggrek. Pada penelitian ini juga akan mengimplementasikan model yang dibuat ke dalam GUI untuk memudahkan mengklasifikasikan citra jenis anggrek. Hasil penelitian diharapkan dapat mengetahui model arsitektur mana yang menghasilkan performa klasifikasi tinggi dalam mengklasifikasikan jenis anggrek.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Artificial Intelligence

Artificial intelligence (AI) atau kecerdasan buatan merupakan salah satu bagian ilmu komputer yang membuat mesin (komputer) dapat melakukan pekerjaan seperti dan sebaik yang dilakukan oleh manusia. Pada awalnya, komputer hanya difungsikan sebagai alat hitung saja. Namun seiring dengan perkembangan jaman, maka peran komputer semakin mendominasi kehidupan umat manusia. Komputer tidak lagi hanya digunakan sebagai alat hitung, lebih dari itu, komputer diharapkan untuk dapat diberdayakan untuk mengerjakan segala sesuatu yang bisa dikerjakan oleh manusia (Jaya et al., 2018).

2.2.2 Anggrek

Anggrek (*Orchidaceae*) adalah salah satu tanaman hias yang populer dan sering ditanam. Selain sebagai hiasan, anggrek memiliki nilai jual tinggi karena keindahannya dan tingkat kelangkaannya. Tanaman yang merupakan familia *Orchidaceae* memiliki potensi pengembangan budidaya di Indonesia (Novita et al., 2018). Tanaman anggrek mudah beradaptasi dengan

lingkungan tempatnya tumbuh, sehingga banyak ditemukan di berbagai lokasi, mulai dari dataran rendah hingga tinggi dan iklim dingin hingga panas.

Keunggulan anggrek dalam bisnis bunga terletak pada keragaman bentuk, warna, dan ukuran bunganya. Selain itu, masa hidup anggrek cenderung lebih lama dibandingkan bunga potong lainnya. Saat ini, sudah diidentifikasi sekitar 750 famili, 43.000 spesies, dan 35.000 varietas hibrida anggrek dari seluruh dunia. Indonesia sendiri memiliki sekitar 5.000 spesies, dengan jumlah besar tersebar di Pulau Jawa dan Pulau Sumatra. (Allaam & Wibowo, 2021)

Anggrek memiliki ciri khas yang dapat dipahami dan dikenali yaitu berdasarkan bentuk daun dengan keunikannya masing-masing, dari beragam jenis anggrek yang ada, terdapat beberapa jenis yang paling umum dibudidayakan, yaitu diantaranya jenis *Cattleya*, *Dendrobium*, dan *Vanda*. Contoh jenis tanaman anggrek yang dibudidayakan dapat dilihat pada gambar-gambar di bawah ini.



Gambar 2.1 Tanaman Anggrek *Cattleya*



Gambar 2.2 Tanaman Anggrek *Dendrobium*



Gambar 2.3 Tanaman Anggrek *Vanda*

2.2.3 Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital (*digital image processing*) atau bisa disingkat dengan PCD merupakan sebuah ilmu yang mempelajari tentang bagaimana suatu citra dibentuk, diolah, dan dianalisis sehingga menghasilkan informasi yang dapat dipahami oleh manusia. Pengolahan Citra Digital adalah serangkaian usaha untuk melakukan transformasi suatu citra atau gambar menjadi citra lain dengan menggunakan teknik tertentu seperti perbaikan kualitas citra (peningkatan kontras, transformasi warna, restorasi citra), augmentasi citra (*flipping, rotation, cropping, scaling, zooming*), melakukan pemilihan ciri sebuah citra (*features image*) yang optimal untuk tujuan analisis, melakukan proses penarikan informasi atau pengenalan objek yang terkandung pada citra (penghapusan background citra, deteksi

tepi citra, analisis histogram citra) dan melakukan kompresi atau reduksi data untuk tujuan penyimpanan data. Input dari PCD adalah citra, sedangkan outputnya adalah citra hasil pengolahan (Marleny, 2021).

2.2.4 Klasifikasi Citra

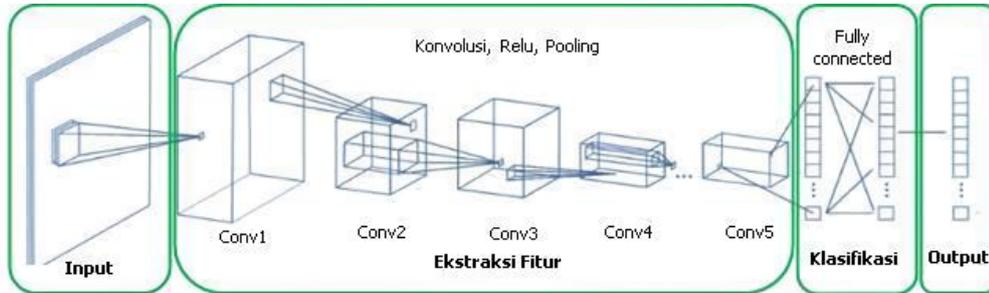
Dalam perkembangan teknologi, pengolahan citra digital menjadi salah satu bidang ilmu yang sangat populer. Pengolahan citra digital berfungsi untuk dapat mengklasifikasikan atau mengkategorikan suatu citra seperti pada Jenis Anggrek secara otomatis. Klasifikasi citra merupakan alternatif untuk mengatasi masalah tersebut. Klasifikasi bertujuan untuk meniru kemampuan manusia dalam memahami informasi dari suatu citra digital, sehingga komputer dapat mengklasifikasikan objek berupa citra seperti manusia (Wulandari et al., 2020). Klasifikasi citra merupakan proses pengelompokkan citra ke dalam kelas-kelas tertentu berdasarkan jenis objek atau tekstur seperti halnya pada jenis anggrek.

Metode klasifikasi dapat dibedakan menjadi menjadi 2 yaitu klasifikasi terbimbing (*supervised learning*) dan klasifikasi tidak terbimbing (*unsupervised learning*). *Supervised Learning* adalah metode klasifikasi di mana kumpulan data sepenuhnya diberi label dengan tujuan mengklasifikasikan atau mengelompokkan data berdasarkan kategori yang sesuai. Sedangkan *Unsupervised Learning* atau sering disebut kluster, dimana data tidak diberi label atau tidak diketahui labelnya. Tujuan dari *unsupervised learning* adalah untuk menemukan pola dalam data yang tidak diketahui. *Unsupervised learning* sangat berbeda dari *Supervised learning* karena tidak ada label yang diberikan, sehingga algoritma harus menemukan pola dari data sendiri. Penelitian ini akan menggunakan *supervised learning* atau metode klasifikasi terbimbing yang dimana data diberi label dengan tujuan mengklasifikasikan atau mengelompokkan data berdasarkan kategori yang sesuai.

2.2.5 Convolutional Neural Network

Menurut (Santoso & Ariyanto, 2018) yang dikutip oleh (Wulandari et al., 2020) *Convolutional Neural Network* merupakan salah satu Jenis klasifikasi *neural network* yang sering digunakan pada pengolahan data

image. CNN merupakan salah satu metode dari *deep learning* yang mampu digunakan untuk pengenalan dan klasifikasi gambar. *Deep learning* merupakan salah satu cabang dari *machine learning* yang digunakan untuk mengidentifikasi objek, klasifikasi citra gambar, dan menyalin suara.



Gambar 2.4 Tahapan CNN

Berikut ini merupakan urutan cara kerja metode CNN :

1. *Convolution Layer*

Convolutional layer (layer konvolusi) adalah komponen penting dalam arsitektur jaringan saraf konvolusi yang digunakan untuk memproses data citra atau gambar. Tujuan utama dari convolution layer adalah untuk mengekstraksi fitur-fitur penting dari citra input menggunakan filter atau kernel. Proses konvolusi beroperasi dengan menggeser filter (matriks kecil) secara bertahap pada seluruh citra input. Filter ini mencakup skala dan digunakan untuk mendeteksi karakteristik objek di dalam citra, seperti tepi, kurva, atau warna tertentu. Proses ini menghasilkan citra baru yang disebut "*feature map*" yang merepresentasikan lokasi dan kekuatan fitur-fitur yang ditemukan oleh filter. Pada umumnya operasi konvolusi menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$s(t) = (x * w)(t) \quad (2)$$

Keterangan:

- $s(t)$: fungsi hasil proses konvolusi
- x : input
- w : bobot (kernel)

Fungsi $s(t)$ memberikan output tunggal berupa *feature map*. Argumen pertama berupa input yang merupakan (x) dan argument kedua yaitu (w) sebagai kernel atau filter.

3	1	3	1	3
5	5	7	1	2
1	3	8	1	6
2	2	1	4	4
5	3	2	6	7

*

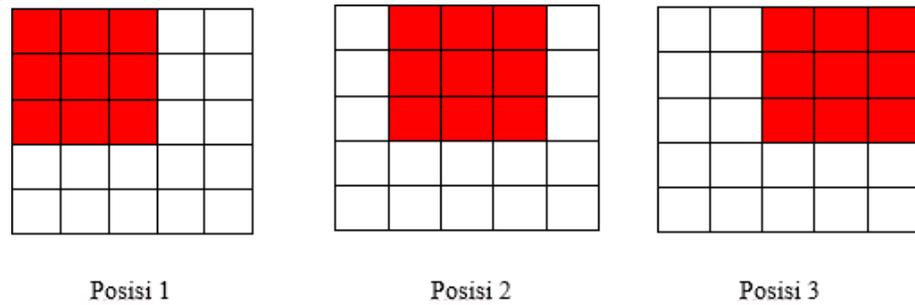
1	-1	1
-1	1	-1
1	-1	-1

=

-12	-4	-2
0	0	-12
7	-16	1

Gambar 2.5 Operasi Konvolusi

Gambar 2.5 adalah proses perhitungan konvolusi dengan menggunakan ukuran filter 3x3, dan menggunakan pergeseran filter terhadap matriks input berjumlah satu. Jika divisualisasikan sebagai berikut:



Gambar 2.6 Proses Konvolusi

Gambar 2.6 merupakan perhitungan pada proses konvolusi dimana sebuah filter dengan ukuran 3x3 yang diawali pada sisi bagian kiri proses ini disebut dengan *sliding window*. Contoh proses perhitungan proses konvolusi dari posisi 1 hingga ke posisi 3 sebagai berikut :

- a. Posisi 1 = $(3 \times 1) + (5 \times (-1)) + (1 \times 1) + (1 \times (-1)) + (5 \times 1) + (3 \times (-1)) + (3 \times 1) + (7 \times (-1)) + (8 \times (-1)) = -12$
- b. Posisi 2 = $(1 \times 1) + (5 \times (-1)) + (3 \times 1) + (3 \times (-1)) + (7 \times 1) + (8 \times (-1)) + (1 \times 1) + (1 \times (-1)) + (1 \times 1) = -4$
- c. Posisi 3 = $(3 \times 1) + (7 \times (-1)) + (8 \times 1) + (1 \times (-1)) + (1 \times 1) + (1 \times (-1)) + (3 \times 1) + (2 \times (-1)) + (6 \times (-1)) = -2$

Terdapat dua parameter untuk memodifikasi layer yaitu.

1. *Stride* adalah parameter yang menentukan berapa jumlah pergeseran filter, jika nilai stride satu maka feature map akan

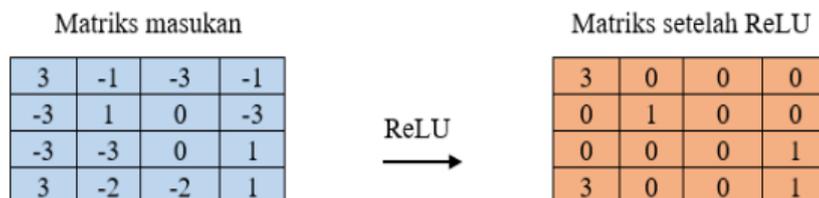
bergeser sebanyak satu piksel secara horizontal dan vertikal. Semakin kecil nilai *stride* maka hasil akan semakin detail serta membutuhkan komputasi lebih jika dibandingkan dengan nilai *stride* yang besar.

2. *Padding* merupakan parameter yang menentukan jumlah piksel (bernilai nol) yang akan ditambahkan pada tiap sisi dari input. Tujuan dilakukan *padding* untuk mengatur nilai output agar sama dengan input atau tidak terlalu berkurang drastis sehingga dapat dilakukan ekstraksi fitur lebih mendalam dan tidak banyak informasi yang hilang.

Setelah proses konvolusi selesai, hasilnya adalah feature map yang merepresentasikan fitur-fitur yang ditemukan dalam citra input. Jika ada beberapa filter yang digunakan pada satu layer, maka akan dihasilkan beberapa feature map yang menggambarkan berbagai fitur yang berbeda dari citra. Output dari operasi konvolusi ini akan digunakan sebagai input untuk lapisan berikutnya dalam arsitektur CNN.

2. Fungsi Aktivasi : *ReLU*

Hasil perhitungan pada layer konvolusi sebelumnya yang bernilai negatif akan dilakukan perhitungan tambahan untuk menghilangkan nilai negatif pada matriks citra. Pada penelitian ini pendekatan perhitungan yang akan digunakan adalah pendekatan fungsi aktivasi *ReLU*. Fungsi aktivasi *ReLU* akan mengubah nilai matriks yang bernilai negatif menjadi 0. (Kasim & Nugraha, 2021)

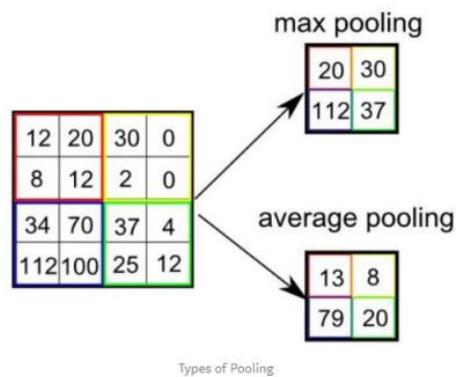


Gambar 2.7 Aktivasi ReLU

3. *Pooling Layer*

Pooling layer terdiri dari dua jenis tipe yaitu *Max Pooling* dan *Average Pooling*. *Max pooling* mengambil nilai yang terbesar,

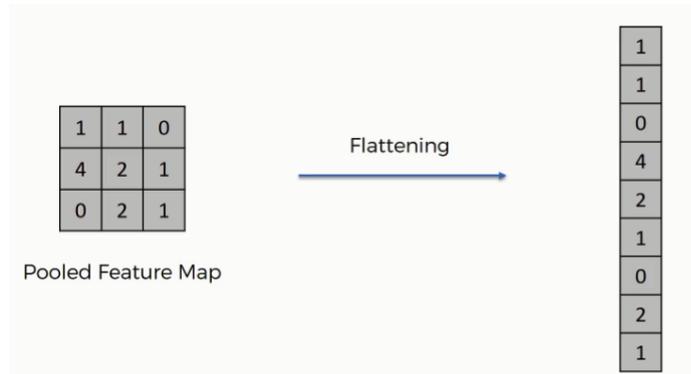
sedangkan *average pooling* mengambil nilai rata-rata. *Pooling layer* bertujuan untuk mengurangi ukuran pada *feature map* agar membantu mengurangi terjadinya *overfitting* (Kholik, 2021). *Pooling layer* adalah lapisan yang mengambil fungsi *feature map* sebagai input dan memprosesnya dengan operasi statistik yang berbeda berdasarkan nilai piksel terdekat. *Pooling layer* berjalan pada setiap tumpukan *feature map* dan mengurangi ukurannya. *Output* dari *pooling layer* yaitu berupa matriks yang lebih kecil dibandingkan dengan matriks awal. Proses konvolusi dan *pooling* dilakukan beberapa kali sehingga mendapatkan hasil yang diinginkan.



Gambar 2.8 Pooling Layer

4. Flatten Layer

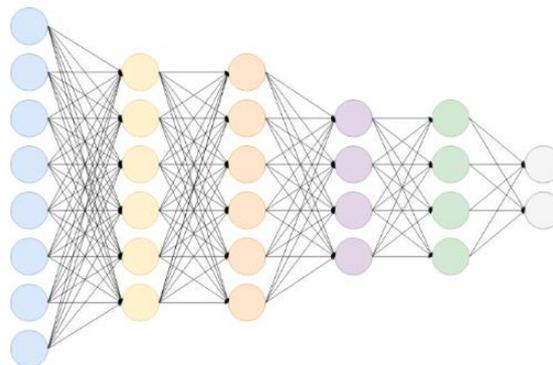
Sebelum masuk ke tahap *fully connected layer*, keluaran dari tahapan sebelumnya yaitu *feature map* masih berbentuk *multidimensional array*, sehingga masih harus dilakukan *flatten* atau *reshape feature map* menjadi sebuah vektor sehingga dapat digunakan sebagai input untuk *fully connected layer*. (Kasim & Nugraha, 2021)



Gambar 2.9 Flatten Layer

5. *Fully Connected Layer*

Fully connected layer merupakan lapisan yang menghubungkan semua neuron aktivitas dari output sebelumnya dengan neuron pada lapisan selanjutnya (Peryanto et al., 2020). Lapisan ini bertujuan untuk mengolah data agar dapat diklasifikasikan. Setiap neuron pada convolution layer perlu ditransformasi menjadi data satu dimensi terlebih dahulu sebelum dapat dimasukkan ke dalam lapisan fully connected layer. Perbedaan antar lapisan fully connected dengan lapisan konvolusi biasa terletak pada neuron di lapisan konvolusi terhubung hanya ke daerah tertentu pada input. Sementara lapisan fully connected memiliki neuron yang secara keseluruhan terhubung. Lapisan fully connected merupakan hasil dari gabungan layer (konvolusi, aktivasi ReLu, dan pooling) menjadi input bagi fully connected layer. Pada lapisan ini pula mengeluarkan output berupa klasifikasi citra yang diharapkan.

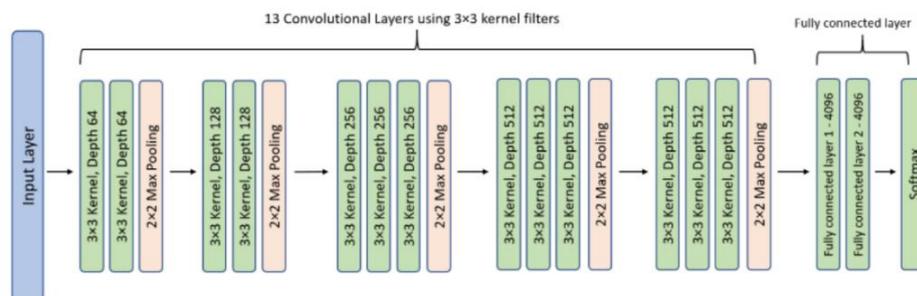


Gambar 2.10 Fully Connected Layer

Metode CNN memiliki keunggulan dalam menemukan fitur pada citra dengan lebih efektif dari keseluruhan citra, nantinya dapat menghasilkan proses klasifikasi yang lebih akurat (Shamrat et al., 2021). Metode CNN bekerja dengan mengklasifikasi gambar dengan memproses gambar yang diinput, kemudian mengklasifikasikannya pada kategori tertentu misalnya pada citra Jenis anggrek, terdapat bentuk daun. Gambar yang sudah diinput akan masuk ke proses konvolusi atau ekstraksi ciri yaitu dengan mengaplikasikan filter pada citra gambar dan menghasilkan feature map. Setelah proses ekstraksi ciri, citra akan masuk ke proses klasifikasi yang dimana nantinya citra akan diklasifikasikan ke dalam kelas tertentu.

2.2.6 Model Arsitektur VGG-16

VGG merupakan singkatan dari *Visual Geometry Group* dan salah satu model arsitektur yang memiliki banyak lapisan. VGG merupakan singkatan dari *Visual Geometry Group* dan 16 menjelaskan bahwa model arsitektur memiliki kedalaman sebanyak 16 *layer* yang terdiri dari 13 *layer* konvolusi, 2 *layer fully connected* dan 1 *layer classifier* (Rismiyati & Luthfiarta, 2021). Model VGG-16 dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.11 Model Arsitektur VGG-16

Pada Gambar 2.11 semua lapisan konvolusi memiliki ukuran kernel 3x3. Perbedaan utama tiap lapisan konvolusi terletak pada jumlah filter di masing masing lapisan. Dua lapisan konvolusi pertama memiliki jumlah filter 64. Selain itu, lapisan tiga dan empat memiliki jumlah kernel 128. Begitu juga dengan lapisan konvolusi lain mempunyai jumlah filter berbeda-beda, yaitu sebanyak 256 (lapisan 4,5,6) dan 512 (lapisan 7,8,9,10,11,12). 2x2 max pooling dilakukan setelah lapisan konvolusi 2, 4, 7, 10 dan 13. Keluaran dari pooling terakhir dihubungkan ke fully connected

layer, dan pada akhirnya akan terhubung ke classifier untuk menentukan kelas dari citra (Rismiyati et al., 2021).

Berikut ini proses klasifikasi menggunakan model arsitektur VGG-16.

1. Tahap Konvolusi

Pada tahap konvolusi citra input melewati 5 tahap konvolusi dengan filter berukuran 3x3. Pada setiap tahap, terdapat filter dengan jumlah filter yang berbeda (64, 128, 256, dan 512). Jumlah filter mengacu pada jumlah *feature map* yang dihasilkan disetiap lapisan.

2. Tahap Aktivasi (*ReLU*)

Setelah tahap konvolusi yang menghasilkan *feature map*, hasil konvolusi akan melewati fungsi aktivasi *ReLU* untuk mengubah nilai negatif menjadi nol dan mempertahankan nilai positif. Fungsi ini membantu dalam memperkuat sinyal positif dan mengurangi kompleksitas dalam model.

3. *Maxpooling*

Setelah proses konvolusi dan aktivasi, akan dilakukan *maxpooling* untuk mengurangi dimensi data dengan mengambil nilai maksimum dalam setiap kernel 3x3. Pada model VGG-16 akan menggunakan *maxpooling* dengan ukuran 2x2.

4. *Flatten Layer*

Flatten merupakan tahapan mengubah matriks ke bentuk satu *vector* atau matriks 1 dimensi. Dari output konvolusi yang sudah melewati tahap aktivasi dan *maxpooling* akan didapatkan bentuk *vector* baru yang akan digunakan sebagai input *fully connected layer*.

5. *Fully Connected Layers*

Model VGG-16 terdapat 2 lapisan *fully connected layer*. Pada lapisan *fully connected layer*, semua neuron aktivasi dari lapisan sebelumnya terhubung pada neuron dilapisan berikutnya sehingga seperti jaringan syaraf tiruan biasa. Pada lapisan ini akan mengeluarkan output berupa klasifikasi citra yang diharapkan.

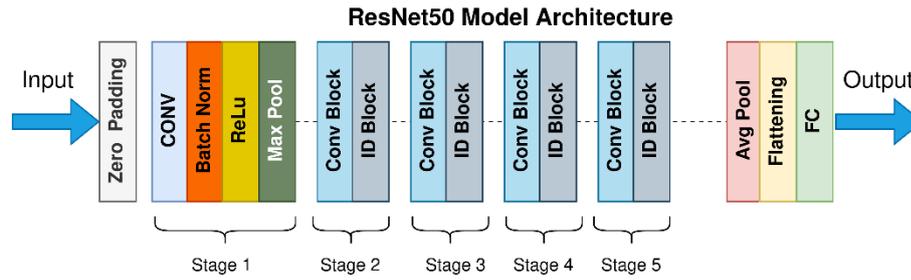
6. *Softmax Activation*

Pada tahap akhir, dilakukan aktivasi softmax pada layer terakhir. *Softmax activation* adalah fungsi aktivasi yang umumnya digunakan dalam lapisan output dari model jaringan saraf untuk tugas klasifikasi multikelas. *Softmax* mengubah nilai keluaran dari *fully connected layer* menjadi probabilitas kelas. Setiap unit pada layer terakhir mewakili probabilitas kelas yang sesuai.

Model arsitektur VGG-16 telah terbukti sangat efektif dalam mempelajari fitur-fitur gambar yang kompleks, terutama dalam tugas klasifikasi gambar. Namun, kelemahan dari model arsitektur VGG-16 adalah ukurannya yang besar, sehingga membutuhkan waktu pelatihan yang lama dan memerlukan sumber daya komputasi yang cukup besar.

2.2.7 Model Arsitektur ResNet-50

Model Resnet atau jaringan residual merupakan jaringan yang memiliki struktur jaringan yang dalam. ResNet merupakan singkatan dari Residual Network yang diperkenalkan oleh Kaiming He, Xiangyu Zhang Shaoqin Ren, dan Jian Sun dalam makalah penelitian visi komputer 2015 yang berjudul “Deep Residual Learning for Image Recognition”. Jaringan ini berupa jaringan feed forward dengan koneksi pintas yang melewati satu atau lebih lapisan. Koneksi pintas ini hanya melakukan pemetaan identitas dan outputnya ditambahkan ke output lapisan yang ditumpuk dan menambahkan parameter agar dapat dilatih oleh Stochastic Gradient Descent (SGD) untuk mudah diimplementasikan dengan library tanpa memodifikasinya (Niswati et al., 2021). ResNet-50 merupakan model arsitektur jaringan dasar yang menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) dengan jumlah layer atau lapisan sebanyak 50 lapisan. 50 lapisan terdiri dari 48 lapisan konvolusi, 1 lapisan maxpool, dan 1 lapisan averagepool.



Gambar 2.12 Model Arsitektur ResNet-50

Gambar 2.12 menjelaskan alur proses citra input yang diproses menjadi output layer untuk dijadikan sebagai input dari layer setelahnya. Alur ini dilakukan untuk meminimalisir hilangnya fitur penting pada saat proses konvolusi. Lapisan lapisan yang terdapat pada model arsitektur ResNet-50 yang dibagi menjadi 5 stage. Setiap Stage terdiri dari Conv Block dan Id Block. Conv Block terdiri dari lapisan konvolusi (Conv2D), lapisan batch normalization, lapisan Activation ReLU, dan lapisan maxpool. Id block atau identity block merupakan penanda block setiap stage pada saat perulangan proses Conv Block. Stage terakhir kemudian diolah di lapisan avgpool dan fully connected.

2.2.8 Evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk mengukur performa atau kinerja dari model klasifikasi. *Confusion Matrix* adalah salah satu metode evaluasi performa model klasifikasi yang umum digunakan. *Confusion Matrix* merupakan metode yang dapat digunakan untuk melakukan pengukuran terhadap performa yang dimiliki oleh suatu metode klasifikasi dalam menghitung objek yang bernilai benar (*true*) atau yang bernilai salah (*false*). *Confusion matrix* pada umumnya mengandung informasi yang bisa dipakai untuk membandingkan hasil klasifikasi yang telah dilakukan oleh sistem dengan hasil dari klasifikasi yang sebenarnya (Aura Kanza Caesaria et al., 2020).

Confusion Matrix sangat berguna untuk mengevaluasi kinerja klasifikasi karena memberikan gambaran yang jelas tentang jumlah data yang diklasifikasikan dengan benar dan salah. Dari *Confusion Matrix*, beberapa metrik dapat dihitung seperti Akurasi (*Accuracy*), Presisi (*Precision*), *Recall* (Sensitivitas), dan *F1-Score* (Uly et al., 2023).

Pada *confusion matrix* terdapat beberapa istilah yang mendasar untuk melakukan penentuan dari nilai akurasi yaitu *true positive* (TP) adalah kondisi dimana model mengklasifikasikan data sebagai *true* dan jawaban aktualnya adalah *true*, *true negative* (TN) adalah kondisi dimana model mengklasifikasikan data sebagai *false* dan jawaban aktualnya adalah *false*, *false positive* (FP) adalah kondisi dimana model mengklasifikasikan data sebagai *true* dan jawaban aktualnya adalah *false*, dan *false negative* (FN) adalah kondisi dimana model mengklasifikasikan data sebagai *false* dan jawaban aktualnya adalah *true* (Wulandari et al., 2020).

Tabel 2.1 *Confusion Matrix*

		<i>Predicted</i>	
		<i>Positive</i>	<i>Negative</i>
<i>Actual</i>	<i>Positive</i>	TP	FN
	<i>Negative</i>	FP	TN

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (3)$$

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (4)$$

$$Recall = \frac{TP}{FP + FN} \quad (5)$$

$$F1 - Score = 2 * \frac{Precision * Recall}{Precision + Recall} \quad (6)$$

Keterangan :

True Positif (TP) : Data positif diprediksi positif

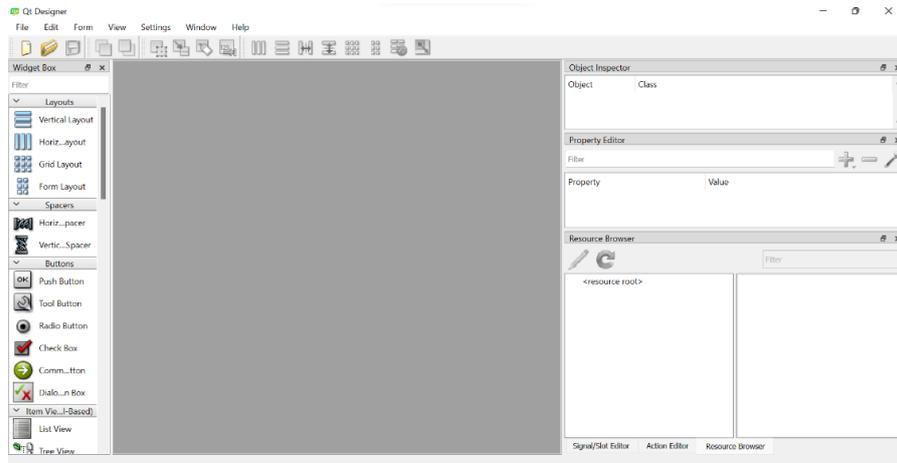
True Negatif (TN) : Data negatif diprediksi negatif

False Positif (FP) : Data negatif namun diprediksi sebagai data positif

False Negatif (FN) : Data positif namun diprediksi sebagai data negatif

2.2.9 PyQt

PyQt merupakan aplikasi untuk membangun GUI pada python. PyQt memberikan fleksibilitas pemrograman karena dapat mengembangkan program dalam berbagai bahasa pemrograman yang berbeda. PyQt juga mencakup QtDesigner, yaitu sebuah aplikasi untuk mendesain antar muka grafis dari widget-widget yang disediakan dari modul QtWidgets. Pembuat dapat membuat antarmuka dari aplikasi dengan drag-and-drop dan tampilan akan sama seperti desain awal.

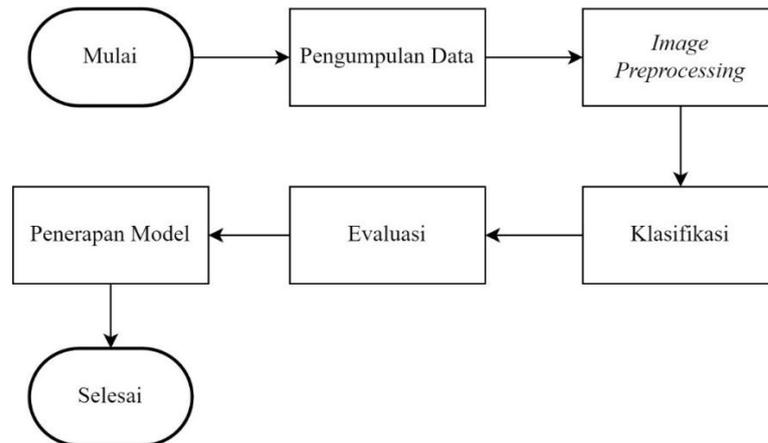


Gambar 2.13 Tampilan Qt Designer

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari pengumpulan dataset daun jenis anggrek, *Image Preprocessing*, klasifikasi, evaluasi, dan penerapan model. Alur penelitian yang dilakukan ditunjukkan pada Gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Alur Penelitian

3.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini berupa citra daun jenis anggrek yang terdiri dari tiga jenis anggrek yaitu *Cattleya*, *Dendrobium*, dan *Vanda*. Pengambilan data dilakukan secara langsung dengan mengunjungi tempat budidaya anggrek yaitu Anggrek Magelang Bagas Orchid. Data yang dikumpulkan berjumlah 300 data citra yang terdiri dari 3 daun jenis anggrek dengan masing-masing jenis berjumlah 100 citra diantaranya *Cattleya*, *Dendrobium*, *Vanda*. Data berjumlah 300 citra yang sudah dikumpulkan ini akan digunakan sebagai data latih dan data validasi. Selain itu, pada penelitian ini juga mengumpulkan 150 citra daun anggrek dengan jenis anggrek yang sama dengan jumlah 50 citra untuk setiap jenis. Data berjumlah 150 citra yang sudah dikumpulkan ini digunakan sebagai data uji.

3.2 *Image Preprocessing*

Data yang berjumlah 300 citra dengan komposisi tiap kelas sebanyak 100 citra yang sudah dikumpulkan pada tahapan sebelumnya akan dilakukan proses *image preprocessing* terlebih dahulu sebelum digunakan pada proses klasifikasi

menggunakan model CNN. Pada penelitian ini terdapat tiga tahap *preprocessing* yang digunakan yaitu menghapus background, resize atau mengubah ukuran *pixel* citra, dan augmentasi citra. Augmentasi yang digunakan pada penelitian ini adalah *flip*, *rotate*, dan *zoom*. Berikut ini tahapan *image preprocessing* yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Tahapan *Image PreProcessing*

Proses pertama yang dilakukan adalah menghapus background pada citra. Penghapusan background pada citra bertujuan agar model dapat mempelajari setiap fitur pada citra dengan baik serta meningkatkan performa atau hasil akurasi klasifikasi yang didapatkan. Proses penghapusan background dilakukan dengan menggunakan tools Remove bg.

Proses kedua yang dilakukan adalah merubah ukuran citra atau *resize*. *Resize* citra berfungsi untuk memperkecil *pixel* citra agar dapat mempercepat proses dalam pengolahan data. *Resize* dilakukan dengan mengubah ukuran citra yang sudah dikumpulkan yaitu dari citra dengan ukuran asli *pixel* citra menjadi 224x224 *pixel* lebih kecil dari skala citra asli.

Proses ketiga atau proses terakhir yaitu penerapan metode augmentasi data yang bertujuan untuk memperkaya dataset yang akan digunakan. Terdapat 3 jenis augmentasi yang digunakan diantaranya *flip*, *rotate*, dan *zoom*. *Flip* yang dilakukan terdiri dari *horizontal_flip* dan *vertical_flip* digunakan untuk membalikkan citra secara *horizontal* dan *vertical*. *Rotate* yang dilakukan sebesar 50 derajat searah jarum jam dan 30 derajat melawan arah jarum jam secara acak digunakan untuk mengubah rotasi pada citra. *Zoom* yang dilakukan sebesar 1.25 kali digunakan untuk memperbesar citra. Dari augmentasi yang dilakukan akan menghasilkan data sebanyak 400 citra dengan masing-masing augmentasi menghasilkan sebanyak 100 citra. Data sebanyak 400 citra akan ditambahkan dengan 100 citra asli sehingga jumlah data pada setiap kelas berjumlah 500 citra dan total citra yang digunakan menjadi sebanyak 1500 citra.

3.3 Klasifikasi

Proses klasifikasi pada penelitian ini dijalankan dengan menggunakan tools *Google Colab* dengan bahasa pemrograman *Python*. Setelah dilakukan *image preprocessing*, tahap berikutnya yaitu melakukan klasifikasi. Klasifikasi akan menggunakan model VGG-16. Selain itu, penelitian ini juga melakukan klasifikasi menggunakan model ResNet-50 yang digunakan sebagai pembanding untuk model VGG-16. Pada proses klasifikasi, data sebanyak 1500 hasil dari proses *image preprocessing* selanjutnya dibagi menjadi data latih dan data validasi. Proses klasifikasi akan melewati proses pelatihan dan pengujian. Proses pelatihan merupakan proses dimana model mempelajari dan mengolah data dari dataset latih, lalu mengevaluasi model selama proses pelatihan berlangsung dengan menggunakan data validasi. Setelah proses pelatihan dilakukan, berikutnya akan dilakukan proses pengujian untuk mengevaluasi performa model dengan menggunakan data uji yang sudah dikumpulkan pada tahapan pengumpulan data.

Pada penelitian ini, beberapa skenario klasifikasi akan dilakukan untuk dijadikan pembanding dan mencari performa terbaik dari model VGG-16. Skenario dilakukan dengan membandingkan tahapan preprocessing pada dataset yaitu dataset background dihapus dan dataset background asli. Selain itu, skenario lain juga dilakukan dengan membandingkan model VGG-16 yang digunakan pada penelitian ini dengan model yang lain yaitu model ResNet50. Skenario klasifikasi dilakukan untuk membuktikan penghapusan background pada citra dapat meningkatkan performa klasifikasi serta untuk membuktikan model VGG-16 yang digunakan pada penelitian ini dapat menghasilkan performa yang baik dalam klasifikasi jenis anggrek.

Skenario 1 dan 2 akan dilakukan klasifikasi menggunakan model VGG-16 dengan dataset background dihapus dan dengan dataset background asli. Skenario 3 dan 4 akan dilakukan klasifikasi menggunakan model ResNet-50 dengan dataset background dihapus dan dengan dataset background asli.

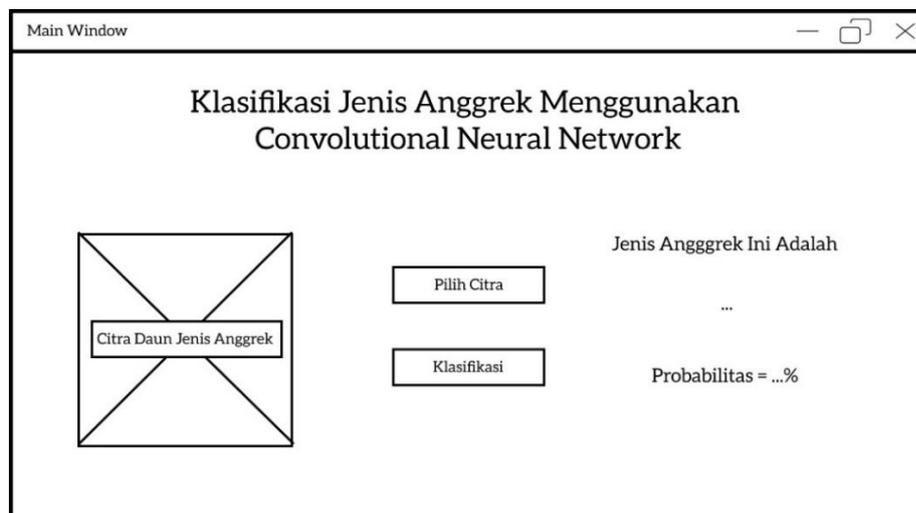
3.4 Evaluasi

Evaluasi bertujuan untuk menentukan baik atau tidaknya performa suatu model klasifikasi. Pada penelitian ini setelah tahapan proses klasifikasi berikutnya model akan dievaluasi terhadap data uji yang sudah dikumpulkan menggunakan *confusion matrix* untuk mengetahui nilai akurasi, *precision*, *recall*, dan *F-1 Score*. *Confusion matrix* digunakan untuk memperoleh detail yang lebih dalam mengenai performa model dan memberikan gambaran seberapa baik atau tidaknya model dalam memprediksi kelas dari data yang diuji.

3.5 Penerapan Model

Setelah dilakukan beberapa tahapan sesuai alur penelitian yang telah dijelaskan diatas, tahapan selanjutnya akan dilakukan penerapan model CNN digunakan untuk mengklasifikasikan citra jenis-jenis anggrek berdasarkan daunnya. Penerapan model CNN dilakukan dengan membangun GUI (Graphical User Interface) atau antarmuka pengguna grafis menggunakan modul PyQt5.

Pyqt5 menyediakan sebuah aplikasi designer untuk dapat memudahkan dalam merancang antarmuka grafis pengguna (GUI). Aplikasi tersebut adalah Qt Designer. Sebelum dilakukan penerapan model, telah dilakukan proses klasifikasi menggunakan pada model klasifikasi yang dipakai. Model klasifikasi tersebut kemudian akan disimpan dan selanjutnya GUI dirancang melalui Qt Designer lalu akan ditambahkan fungsi untuk mengklasifikasi menggunakan model yang sudah disimpan. Di bawah ini merupakan rancangan desain yang akan digunakan pada penelitian ini.



Gambar 3.3 Rancangan Desain Sistem Klasifikasi Jenis Anggrek

Gambar 3.4 merupakan rancangan desain untuk sistem klasifikasi jenis anggrek. Pada desain tersebut terdapat tombol pilih citra yang digunakan untuk memilih citra dari penyimpanan lokal dan tombol klasifikasi yang digunakan untuk mengklasifikasikan citra gambar yang dipilih. Lalu disamping dua tombol tersebut akan ditampilkan hasil dari klasifikasi.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan yang sudah diuraikan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Model VGG-16 bekerja dengan menerima citra berukuran 224x224 piksel sebagai input, kemudian melalui serangkaian lapisan konvolusi untuk identifikasi fitur pada citra. Setelah lapisan konvolusi yang menghasilkan feature map, diikuti dengan lapisan pooling yang mengurangi ukuran feature map. Proses ini diulang beberapa kali untuk identifikasi fitur yang semakin kompleks. Selanjutnya, feature map diteruskan ke beberapa lapisan fully connected untuk menggabungkan fitur yang sudah diidentifikasi, dan pada proses akhir, lapisan output dengan fungsi softmax menghasilkan probabilitas untuk setiap kelas yang dapat diklasifikasikan model. Pada klasifikasi jenis anggrek, citra anggrek akan dikumpulkan, lalu dilakukan pre-processing, lalu digunakan untuk klasifikasi menggunakan model VGG-16. Setelah klasifikasi, model diuji untuk mengevaluasi performa model dalam mengklasifikasikan jenis anggrek.
2. Hasil penelitian pada klasifikasi untuk 3 jenis anggrek yaitu *Cattleya*, *Dendrobium*, *Vanda* dengan menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN) dan model arsitektur VGG-16, dapat disimpulkan bahwa model ini dapat menghasilkan performa klasifikasi yang baik dengan akurasi 97,33%, presisi 97,42%, recall 97,33% dan F1-Score 97,33%.

5.2 Saran

Untuk penelitian skripsi selanjutnya dan untuk mengkaji tingkat performa yang lebih baik dalam mengklasifikasikan citra menggunakan dengan model arsitektur VGG-16, maka penelitian ini dapat memberikan saran yaitu membandingkan model arsitektur CNN yang lainnya seperti Xception, MobileNet, EfficientNet untuk membandingkan performa klasifikasi yang dihasilkan serta menambahkan jumlah dataset yang dipakai seperti menambahkan jumlah data dan jenis anggrek lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Allaam, M. Raihan Rafiiful, and Agung Toto Wibowo. 2021. "Klasifikasi Genus Tanaman Anggrek Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN) Program Studi Sarjana Informatika Fakultas Informatika Universitas Telkom Bandung." *e-Proceeding of Engineering* 8(2): 3147–79.
- Aura Kanza Caesaria, Mungki Astiningrum, and Arie Rachmad Syulistyo. 2020. "Identifikasi Komponen Gui Pada Prototipe Aplikasi Mobile." *Jurnal Informatika Polinema* 6(2): 51–56.
- Elia, Benny, I Dewa, Made Bayu, and Atmaja Darmawan. 2022. "Klasifikasi Kesegaran Daging Sapi Menggunakan Deep Learning Arsitektur VGG16 Dengan Augmentasi Citra." *Jnatia* 1(1): 317–24.
- Erni Albakia, Sri Adiningsi, and Rizal Adi Saputra. 2023. "Identifikasi Jenis Daun Tanaman Obat Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN) Dengan Model VGG16." *Jurnal Informatika Polinema* 9(4): 451–60.
- Fadilah, Adhlu, Agung Toto Wibowo, and Ema Rachmawati. 2022. "Klasifikasi Spesies Anggrek Genus Phalaenopsis Berdasarkan Citra Sepal-Petal Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN)." *eProceedings of Engineering* 9(3): 1934.
- Halim, Jayadi, and Ahmad Nurul Fajar. 2023. "Klasifikasi Pisang Berbasis Algoritma VGG16 Melalui Metode CNN Deep Learning." *INFORMASI (Jurnal Informatika dan Sistem Informasi)* 15(1): 1–17.
- Hao, R., Namdar, K., Liu, L., Haider, M. A., & Khalvati, F. (2021). A Comprehensive Study of Data Augmentation Strategies for Prostate Cancer Detection in Diffusion-Weighted MRI Using Convolutional Neural Networks. *Journal of Digital Imaging*, 34(4), 862–876. <https://doi.org/10.1007/s10278-021-00478-7>
- Ibrahim, N. U. R., et al. 2022. "Klasifikasi Tingkat Kematangan Pucuk Daun Teh Menggunakan Metode Convolutional Neural Network." *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika* 10(1): 162.
- Iqbal, Muhammad, Fathur Rozi, Nelly Oktavia Adiwijaya, and Dwiretno Istiyadi Swasono. 2023. "Identifikasi Kinerja Arsitektur Transfer Learning VGG16 , ResNet-50 , Dan Inception-V3 Dalam Pengklasifikasian Citra Penyakit Daun Tomat Identification of VGG16 , ResNet-50 , and Inception-V3 Transfer Architecture Performance in Image Classification of To." 5(2): 145–54.
- Jaya, Hendra et al. 2018. 53 *Journal of Chemical Information and Modeling Kecerdasan Buatan*.

- Jessar, H. F., Wibowo, A. T., & Rachmawati, E. 2021. "Klasifikasi Genus Tanaman Sukulen Menggunakan Convolutional Neural Network." *e-Prceeding of Engineering* 8(2): 1–30.
- Kasim, Nanang, and Gibran Satya Nugraha. 2021. "Pengenalan Pola Tulisan Tangan Aksara Arab Menggunakan Metode Convolution Neural Network." *Jurnal Teknologi Informasi, Komputer, dan Aplikasinya (JTika)* 3(1): 85–95.
- Kholik, Abdul. 2021. "Klasifikasi Menggunakan Convolutional Neural Network (Cnn) Pada Tangkapan Layar Halaman Instagram." *Jurnal Data Mining dan Sistem Informasi* 2(2): 10.
- Krishnaswamy Rangarajan, Aravind, and Raja Purushothaman. 2020. "Disease Classification in Eggplant Using Pre-Trained VGG16 and MSVM." *Scientific Reports* 10(1): 1–11. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-020-59108-x>.
- Marleny, F. D. (2021). *Mengenal Pengolahan Citra Digital menggunakan Python* (Issue January).
- Manuel, Ivan Seth, and Iin Ernawati. 2020. "Implementasi GLCM Dan Algoritma Naive Bayes Dalam Klasifikasi Jenis Bunga Anggrek." *Senamika* 1(2): 99–109.
<https://conference.upnvj.ac.id/index.php/senamika/article/download/638/427>.
- Maulana, Febian Fitra, and Naim Rochmawati. 2020. "Klasifikasi Citra Buah Menggunakan Convolutional Neural Network." *Journal of Informatics and Computer Science (JINACS)* 1(02): 104–8.
- Naufal, Mohammad Farid. 2021. "Analisis Perbandingan Algoritma SVM, KNN, Dan CNN Untuk Klasifikasi Citra Cuaca." *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* 8(2): 311.
- Naufal, Mohammad Farid, and Selvia Ferdiana Kusuma. 2023. "Analisis Perbandingan Algoritma Machine Learning Dan Deep Learning Untuk Klasifikasi Citra Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI)." *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* 10(4): 873–82.
- Novita, Sesilia, Prihastuti Harsani, and Arie Qur'ania. 2018. "Penerapan K-Nearest Neighbor (KNN) Untuk Klasifikasi Anggrek Berdasarkan Karakter Morfologi Daun Dan Bunga." *Komputasi* 15(1): 118–25.
- Peryanto, Ari, Anton Yudhana, and Rusydi Umar. 2020. "Rancang Bangun Klasifikasi Citra Dengan Teknologi Deep Learning Berbasis Metode Convolutional Neural Network." *Format : Jurnal Ilmiah Teknik Informatika* 8(2): 138.

- Rismaniyati, Rismaniyati, and Ardytha Luthfiarta. 2021. "VGG16 Transfer Learning Architecture for Salak Fruit Quality Classification." *Telematika* 18(1): 37.
- Rozaqi, A. J., Sunyoto, A., & Arief, M. R. (2021). Implementasi Transfer Learning pada Algoritma Convolutional Neural Network Untuk Identifikasi Penyakit Daun Kentang. *Procedia of Engineering and Life Science*, 1(1).
- Saputro, Arief, Syahri Mu'min, Moch. Lutfi, and Helmanita Putri. 2022. "Deep Transfer Learning Dengan Model Arsitektur Vgg16 Untuk Klasifikasi Jenis Varietas Tanaman Lengkeng Berdasarkan Citra Daun." *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)* 6(2): 609–14.
- Syafa'ah, Lailis, and Merinda Lestandy. 2021. "Penerapan Deep Learning Untuk Prediksi Kasus Aktif Covid-19." *Jurnal Sains Komputer & Informatika (J-SAKTI)* 5(1): 453–57.
- Syahputra, Mohammad Ikhsan, and Agung Toto Wibowo. 2020. "Klasifikasi Genus Tanaman Anggrek Berdasarkan Citra Kuntum Bunga Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN)." *e-Proceeding of Engineering* 7(2): 8015–23.
- Tanuwijaya, Evan, and Angelica Roseanne. 2021. "Modifikasi Arsitektur VGG16 Untuk Klasifikasi Citra Digital Rempah- Rempah Indonesia Classification of Indonesian Spices Digital Image Using Modified VGG 16 Architecture." *Jurnal Manajemen, Teknik Informatika, dan Rekayasa Komputer* 21(1): 191–98.
- Tumewu, Samuel Febrian, Djoni Haryadi Setiabud, and Indar Sugiarto. 2020. "Klasifikasi Motif Batik Menggunakan Metode Deep Convolutional Neural Network Dengan Data Augmentation." *Jurnal Infra* 8(2): 189–94.
- Uly, Novem, Hendry Hendry, and Ade Iriani. 2023. "CNN-RNN Hybrid Model for Diagnosis of COVID-19 on X-Ray Imagery." *Digital Zone: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi* 14(1): 57–67.
- Wonohadidjojo, Daniel Martomanggolo. 2021. "Perbandingan Convolutional Neural Network Pada Transfer Learning Method Untuk Mengklasifikasikan Sel Darah Putih." *Ultimatics : Jurnal Teknik Informatika* 13(1): 51.
- Wulandari, Isna, Hasbi Yasin, and Tatik Widiharih. 2020. "Klasifikasi Citra Digital Bumbu dan Rempah Dengan Algoritma Convolutional Neural Network (CNN)." *Jurnal Gaussian* 9(3): 273–82. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/gaussian/>.
- Zainuri, Mohamad, and Danar Putra Pamungkas. 2020. "Implementasi CNN Untuk Klasifikasi Bunga Anggrek.Pdf." *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*: 87–92.