

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bunga kertas, (*Bougainvillea*), adalah tanaman hias yang berasal dari kawasan tropis Amerika Selatan dan sangat populer di berbagai negara, termasuk Indonesia [1]. Tanaman ini dikenal karena bunganya yang berwarna cerah dan tahan terhadap kondisi cuaca kering, sehingga cocok untuk ditanam di berbagai lingkungan. Selain keindahannya, bunga kertas juga diminati karena sifatnya yang mudah dirawat. Tanaman ini dapat tumbuh hingga mencapai 15 meter dengan batang yang *Keras* serta banyak percabangan. Batangnya dilengkapi dengan duri tajam di sepanjang batang dan cabang-cabangnya. Keunikan bunga kertas terletak pada *braktea* atau daun pelindungnya yang berwarna-warni, yang sering kali disalah artikan sebagai bunga utama. Bunga sesungguhnya dari *Bougainvillea* justru berukuran kecil dan berada di tengah *braktea* tersebut. Warna *braktea* bunga kertas sangat bervariasi, mulai dari merah, ungu, putih, hingga oranye. Tanaman ini termasuk kedalam famili *Nyctaginaceae* dengan ordo *Caryophyllales* yang memiliki seludang bunga yang tidak tebal tapi hampir menyerupai kertas [2].

Dengan keanekaragaman varietas yang dimiliki, pengenalan dan klasifikasi bunga kertas secara manual menjadi tantangan yang cukup besar. Setiap varietas memiliki ciri visual yang unik, seperti bentuk, ukuran, dan warna *braktea* yang sering kali sulit dibedakan tanpa keahlian khusus. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan

metode yang lebih canggih untuk membantu klasifikasi bunga kertas secara cepat dan akurat. Salah satu pendekatan yang bisa digunakan adalah dengan menerapkan pengolahan citra digital, yang memungkinkan proses identifikasi varietas dilakukan secara otomatis, tanpa membutuhkan keahlian manual yang mendalam.

Sebelumnya, identifikasi bunga kertas pernah dilakukan menggunakan metode *K-Nearest Neighbors (KNN)*. Dalam salah satu penelitian yang menggunakan *dataset* citra bunga kertas dalam format *Portable Network Graphics (PNG)* dengan kamera digital menunjukkan KNN dapat memberikan tingkat akurasi tinggi pada data acak [3]. Namun, meskipun KNN bekerja dengan baik pada *dataset* kecil, metode ini memiliki keterbatasan saat diaplikasikan pada *dataset* yang lebih besar dan kompleks.

Kemajuan dalam teknologi pengolahan citra digital dan kecerdasan buatan (AI), terutama dalam bentuk *machine learning* dan *deep learning*, telah meningkatkan kemampuan komputer untuk mengenali dan mengklasifikasikan gambar dengan lebih akurat. Salah satu metode *deep learning* yang sangat efektif dalam pengolahan gambar adalah *Convolutional Neural Network (CNN)*. *Convolutional Neural Network (CNN)* merupakan salah satu jenis metode *deep learning* yang dikembangkan dari *Multilayer Perceptron (MLP)* dan dirancang khusus untuk mengolah data dalam bentuk dua dimensi, seperti citra dan suara [4]. Dengan menggunakan serangkaian lapisan konvolusi, *pooling*, dan lapisan *fully connected*, *Convolutional Neural Network (CNN)* mampu mengenali fitur-fitur unik pada gambar, termasuk detail halus yang sering kali sulit ditangkap oleh penglihatan manusia. Dalam klasifikasi bunga, *Convolutional*

Neural Network (CNN) dapat mengekstraksi pola-pola visual dari gambar bunga kertas dan membedakannya ke dalam kategori yang tepat.

Berbagai penelitian sebelumnya telah menunjukkan efektivitas *Convolutional Neural Network (CNN)* dalam berbagai aplikasi pengolahan citra. Misalnya, penelitian oleh Budi Yanto et al. (2021) berjudul “Klasifikasi Tekstur Kematangan Buah Jeruk Manis Berdasarkan Tingkat Kecerahan Warna dengan Metode Deep Learning *Convolutional Neural Network (CNN)*”, menunjukkan akurasi training 96% dan akurasi *testing* 92% dari 250 data setelah 50 *epoch* [4]. Penelitian lain oleh Ummi Sri Rahmadhani & Noveri Lysbetti Marpaung (2023), yang berjudul “Klasifikasi Jamur Berdasarkan Genus dengan Menggunakan Metode *Convolutional Neural Network (CNN)*”, memperoleh akurasi training 89% dan akurasi validasi 82% [5].

Selanjutnya, Putri Ananda et al. (2023) melakukan penelitian berjudul “Identifikasi Tingkat Kematangan Buah Pepaya Menggunakan *Convolutional Neural Network (CNN)*”, yang menghasilkan akurasi sebesar 90% [6]. Selain itu, penelitian lain yang menggunakan metode *Convolutional Neural Network (CNN)* untuk klasifikasi objek menunjukkan hasil yang sangat baik, seperti pada penelitian yang berjudul “Implementasi Metode *Convolutional Neural Network (CNN)* untuk Klasifikasi Objek”, yang mencapai akurasi sebesar 98% [7].

Berdasarkan masalah yang telah diuraikan, maka judul yang diangkat untuk proposal skripsi ini adalah **“Klasifikasi Citra Bunga Kertas (*Bougainvillea*) Menggunakan Metode *Convolutional Neural Network (CNN)*”**.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana menerapkan metode *Convolutional Neural Network (CNN)* untuk klasifikasi bunga kertas?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menerapkan metode *Convolutional Neural Network (CNN)* untuk klasifikasi bunga kertas.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, peneliti memberikan beberapa batasan masalah yaitu:

1. Metode *Deep Learning* yang digunakan adalah *Convolutional Neural Network (CNN)* dengan pendekatan *transfer learning* menggunakan arsitektur *VGG16*
2. Jumlah data eksperimen yang digunakan yaitu 1000 *dataset* gambar citra bunga kertas dengan format *.jpg/jpeg* yang berasal dari citra hasil pengambilan gambar secara langsung menggunakan kamera *smartphone* dan 200 citra bukan bunga kertas yang diambil dari situs *kaggle.com*.
3. Bunga Kertas yang diteliti berupa 5 varietas bunga kertas yaitu *Bougainvillea Afterglow*, *Bougainvillea Coconut Ice*, *Bougainvillea Glabra*, *Bougainvillea Spectabilis*, dan *Bougainvillea Gold Rush*.
4. Citra tanaman Bunga Kertas yang diolah merupakan citra pada bagian *braktea* atau daun pelindung yang berwarna-warni.

5. Model CNN yang dikembangkan dalam penelitian ini dianggap layak apabila mencapai akurasi pengujian (testing accuracy) minimal sebesar 70%.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Menambah wawasan dalam bidang *Deep Learning* untuk mengklasifikasikan jenis bunga kertas berdasarkan citra.
2. Mengaplikasikan metode *Convolutional Neural Network (CNN)* dalam klasifikasi jenis bunga kertas.
3. Menghasilkan model *Deep Learning* berbasis *Convolutional Neural Network (CNN)* dalam mengenali jenis bunga kertas melalui citra.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Klasifikasi

Klasifikasi merupakan proses yang bertujuan untuk menemukan sekumpulan model atau fungsi yang dapat menjelaskan dan membedakan konsep atau kelas data ke dalam kategori tertentu, dengan tujuan untuk dapat memperkirakan kelas dari suatu objek yang labelnya tidak diketahui. Ada 2 proses dalam klasifikasi, yaitu Proses *training* melakukan pembangunan model menggunakan data *training*. Proses *testing* melakukan tes terhadap model yang telah diperoleh dari proses *training* [8].

2.2 Bunga Kertas

Tanaman bunga kertas (*Bougainvillea*) merupakan salah satu tanaman hias yang banyak diminati karena keindahan bunganya. Asal tanaman ini adalah dari Amerika Selatan, namun kini sudah banyak ditemukan di Indonesia. Bunga kertas populer dibudidayakan dan dijadikan tanaman hias berkat daya tarik visualnya. Tanaman ini memiliki bentuk pohon kecil yang sulit tumbuh tegak, dan keindahan bunga kertas berasal dari *brakteanya* yang berwarna cerah, membuatnya tampak sangat menarik [2].

Bunga kertas (*Bougainvillea*) memiliki struktur yang tidak lengkap, terdiri dari beberapa bagian seperti tangkai, benang sari, kepala putik, dan tangkai sari. Bunga ini muncul di ketiak daun dalam bentuk majemuk (payung) yang tersusun dalam kelompok bertangkai, biasanya terdiri dari 1-7 kelompok, dan setiap kelompok memiliki 3 bunga. Bunga *Bougainvillea* berukuran kecil dan memiliki bentuk menyerupai terompet, dan

3 kelopak yang dilapisi seludang bunga. Seludang bunga yang mengelilingi bagian bunga memberikan tampilan yang lebih indah. Banyak orang mengira seludang bunga adalah kelopak, padahal sebenarnya seludang bunga adalah daun yang berukuran besar yang berfungsi untuk melindungi bunga.

Tanaman bunga kertas merupakan bagian dari keluarga *Nyctaginaceae* dalam ordo *Caryophyllales*, dan *braktea*-nya tidak tebal, tetapi hampir menyerupai kertas.

Tanaman bunga kertas dapat diklasifikasikan [2], sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae*

Subkingdom : *Viridiplantae*

Divisi : *Tracheobionta*

Subdivisi : *Spermatophyta*

Kelas : *Magnoliopsida*

Ordo : *Caryophyllaceae*

Famili : *Nyctaginaceae*

Genus : *Bougainvillea*

Spesies : *Bougainvillea Glabra*, *Bougainvillea spinosa*, *Bougainvillea Spectabilis*, *Bougainvillea peruviana*, dan *Bougainvillea buttiana*.

Bunga kertas atau *Bougainvillea*, yang memiliki berbagai macam warna, memiliki ciri-ciri morfologi sebagai berikut:

1. Akar

Bunga kertas memiliki sistem akar tunggang yang tumbuh secara vertikal, bersifat serabut, dan melebar. Akar tanaman ini dapat menembus tanah hingga mencapai kedalaman 50-80 cm, atau bahkan lebih, tergantung pada varietasnya [1].

2. Batang

Bunga kertas memiliki batang perdu yang tumbuh tegak lurus dan dapat mencapai ketinggian 2-3 m atau lebih. Permukaan batangnya bervariasi, dari halus hingga kasar, dan berwarna kecoklatan. Batangnya bersifat berkayu, berbentuk bulat memanjang, dilengkapi dengan duri kecil, dan memiliki banyak cabang [1] .

3. Daun

Bunga kertas memiliki daun berbentuk oval memanjang dengan panjang 1-4 cm. Bagian tepi daunnya rata, dan tulang daunnya menyirip antara 3-5 atau bahkan lebih. Daun ini memiliki warna hijau yang bervariasi dari muda hingga tua. Selain itu, daun bunga ini juga memiliki tangkai pendek yang panjangnya sekitar 0,5-1 cm dan berwarna coklat muda [1].

4. Bunga

Bunga kertas berukuran kecil dan bentuknya menyerupai terompet. Terdiri dari 3 kelopak dan dilapisi dengan seludang bunga [3].

Dari segi morfologinya, tanaman bunga kertas terdiri dari berbagai jenis. Penelitian ini akan fokus pada beberapa jenis bunga kertas yang akan diteliti, yaitu sebagai berikut:

1. *Bougainvillea Afterglow*



Gambar 2. 1 Bunga *Bougainvillea Afterglow*

Bougainvillea Afterglow adalah varietas unik yang dapat berbunga lebih dari sekali sepanjang tahun. Kelopaknya memiliki warna orange, merah muda, atau coral dengan tekstur lembut [3].

2. *Bougainvillea Coconut Ice*



Gambar 2. 2 *Bougainvillea Coconut Ice*

Bougainvillea Coconut Ice memiliki warna pastel, yaitu putih dengan semburat merah muda yang memberikan tampilan elegan dan segar.

3. *Bougainvillea Glabra*



Gambar 2. 3 *Bougainvillea Glabra*

Bougainvillea Glabra memiliki daun yang umumnya lebih kecil dengan bentuk oval serta permukaan yang relatif halus, memiliki warna *braktea* yang lebih cerah dan tipis.

4. *Bougainvillea Spectabilis*



Gambar 2. 4 *Bougainvillea Spectabilis*

Bougainvillea Spectabilis memiliki daun yang berbentuk oval hingga bulat telur dengan ujung yang meruncing, serta memiliki permukaan yang kasar

dan berbulu halus. *Brakteanya* memiliki warna cerah, seperti ungu atau merah muda terang.

5. *Bougainvillea Gold Rush*



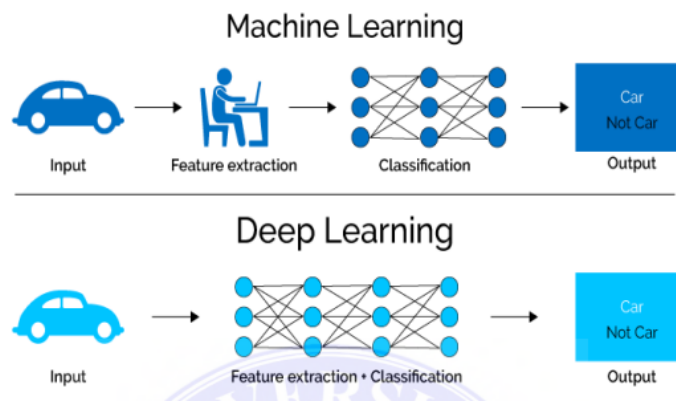
Gambar 2. 5 *Bougainvillea Gold Rush*

Bougainvillea Gold Rush memiliki daun yang berbentuk elips atau oval, berwarna hijau tua, dan memiliki permukaan yang halus serta sedikit mengkilap. Memiliki warna *braktea* kuning cerah, yang dapat berubah menjadi *oranye* saat mekar atau saat terpapar sinar matahari langsung.

2.3 *Deep Learning*

Deep learning merupakan bagian dari *machine learning* yang fokus pada penggunaan jaringan syaraf tiruan (*neural networks*), disebut *deep* (dalam) karena didalam struktur algoritmanya memiliki ratusan lapisan jaringan saraf. Salah satu kelebihan *deep learning* dapat membantu menyelesaikan masalah yang cukup kompleks, seperti kemampuan untuk mengenali sebuah citra, mengenali suara, hingga dapat meniru cara kerja otak manusia melalui saraf tiruan yang ada pada algoritmanya [9].

Perbedaan utama antara *machine learning* dan *deep learning* yaitu di *machine learning* *feature extractor* yang perlu disediakan/dirancang secara manual, yang mana ini memakan banyak sekali waktu dan tenaga. Sedangkan *deep learning* akan secara otomatis mengekstrak *features* untuk klasifikasi. Namun disisi lain, *deep learning* menuntut sejumlah data yang besar untuk melatih algoritmanya [10]. Adapun gambaran perbedaan antara *machine learning* dan *deep learning* dapat dijelaskan pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Ilustrasi Perbedaan *Machine Learning* dengan *Deep Learning* [10]

2.4 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan suatu model komputasi yang terinspirasi dari mekanisme cara kerja sistem saraf manusia, khususnya otak. Jaringan Syaraf Tiruan terdiri dari sejumlah unit pemrosesan yang disebut *neuron*, yang saling terhubung melalui sinapsis. Setiap *neuron* menerima masukan, mengolah informasi, dan menghasilkan keluaran yang kemudian dapat diteruskan ke *neuron* lain dalam

jaringan. Jaringan Syaraf Tiruan dirancang untuk mengenali pola, melakukan klasifikasi dan memprediksi hasil berdasarkan data yang diberikan [11].

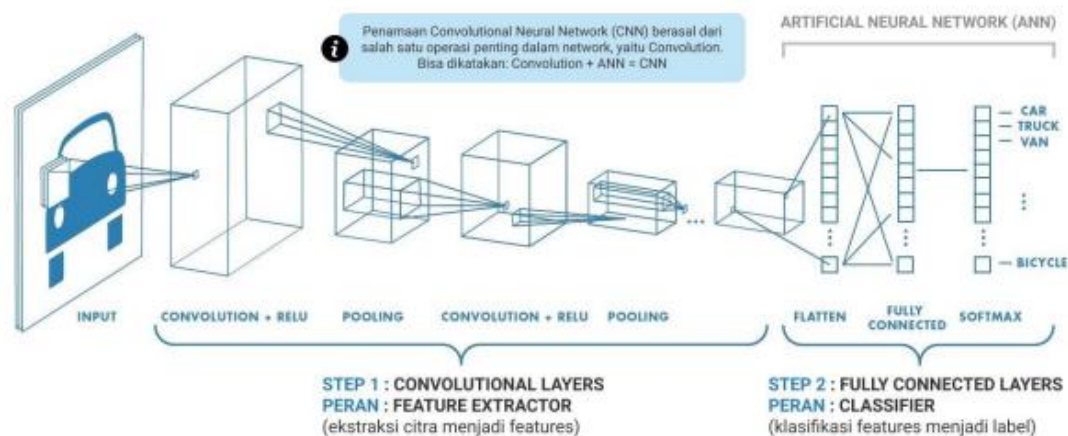
2.5 *Convolutional Neural Network (CNN)*

Convolutional Neural Network (CNN) merupakan salah satu algoritma *deep learning* yang secara khusus dirancang untuk melakukan pengolahan data dua dimensi, misalnya data gambar dan suara [10]. *Convolutional Neural Network (CNN)* umumnya digunakan untuk menganalisa dan mendeteksi *feature* pada suatu gambar. Jika pada *neural network* konvensional *input* yang digunakan berupa data berbentuk *array* satu dimensi (1D), pada *Convolutional Neural Network (CNN)* data yang dimasukkan sebagai *input* adalah data dua dimensi (2D). Seperti halnya *neural network* pada umumnya, *Convolutional Neural Network (CNN)* terdiri dari banyak *neuron* yang memiliki bobot, bias, dan fungsi aktivasi [12].

Convolutional Neural Network (CNN) digunakan sebagai metode *supervised learning* untuk mengklasifikasikan data yang telah diberi label, yang bertujuan untuk mengelompokkan data kedalam kategori yang telah ditentukan sebelumnya. *Convolutional Neural Network (CNN)* biasanya diterapkan untuk pengenalan objek atau pemandangan, deteksi, segmentasi objek, dan klasifikasi citra [10]. Dalam proses klasifikasi citra menggunakan *Convolutional Neural Network (CNN)*, terdapat dua tahap utama, yaitu *feature learning* dan *classification* atau *fully connected* (ANN). Pada tahap *feature learning*, gambar diproses menjadi sekumpulan fitur numerik, yang kemudian digunakan sebagai *input* pada tahap *classification* atau *fully connected* (ANN) untuk klasifikasi citra. Fitur yang dihasilkan masih berbentuk *array*

multidimensi, sehingga perlu di ubah menjadi vektor satu dimensi sebelum diproses ke tahap selanjutnya[10].

Gambaran mengenai tahapan proses klasifikasi citra dengan menggunakan metode *Convolutional Neural Network (CNN)* dapat dijelaskan pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Tahapan klasifikasi citra pada *Convolutional Neural Network (CNN)* (Arsitektur CNN)[10]

Proses pelatihan (*training*) pada *Convolutional Neural Network (CNN)* sama seperti yang ada pada ANN, yaitu melalui skema *training loop* (*feed forward* → hitung error → *backpropagation* → *update* bobot dengan *optimizer*). Satu putaran *training loop* terhadap seluruh dataset disebut sebagai satu *epoch*. Pelatihan ini menghasilkan model *Convolutional Neural Network (CNN)* yang sudah diperbarui bobotnya, yang kemudian digunakan untuk pengujian (*testing*) dengan data citra yang baru. Selanjutnya, evaluasi dilakukan dengan melihat nilai (*score*) akurasi klasifikasi dari model *Convolutional Neural Network (CNN)*. Jika akurasi masih belum memadai, maka perlu dilakukan *fine-tuning* atau penyesuaian pada beberapa aspek, seperti

dataset, arsitektur *Convolutional Neural Network (CNN)*, atau *hyperparameter*. Namun, jika akurasi sudah cukup baik, *fine-tuning* tidak harus dilakukan, meskipun tetap bisa dilakukan (secara eksperimen) untuk meningkatkan skor lebih lanjut [10].

2.6 Cara Kerja Convolutional Neural Network (CNN)

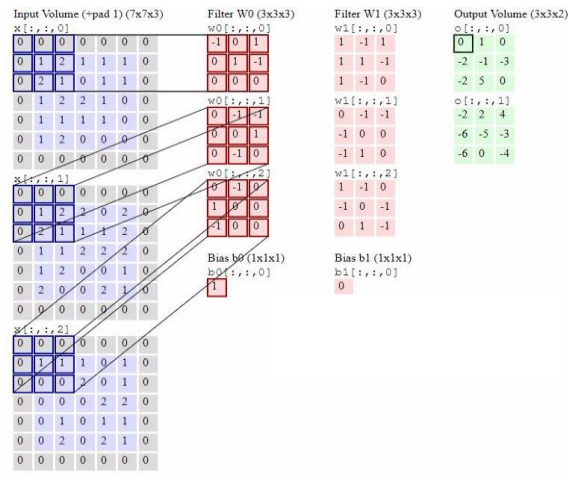
Secara umum, arsitektur *Convolutional Neural Network (CNN)* terdiri dari beberapa lapisan (*layers*) yaitu *Input Layer*, *Convolutional Layer*, Fungsi Aktivasi ReLu, *Pooling Layer*, *Flatten Layer*, *Fully Connected Layer (ANN)*, Fungsi Aktivasi Softmax, dan *Dropout*. Setiap lapisan ini memiliki fungsi spesifik dalam proses klasifikasi gambar. Berikut adalah penjelasan tentang bagaimana CNN (*feed forward*)

1. *Input layer*

Input layer pada *Convolutional Neural Network (CNN)* berfungsi untuk merepresentasikan gambar yang dimasukkan ke dalam model. Misalnya, jika gambar yang diinput memiliki resolusi 224x224 piksel dan menggunakan format RGB (*Red, Green, Blue*), maka gambar tersebut akan diubah menjadi *array* multidimensi dengan dimensi 224x224x3, dimana angka 3 menunjukkan saluran warna RGB.

2. *Convolution Layer*

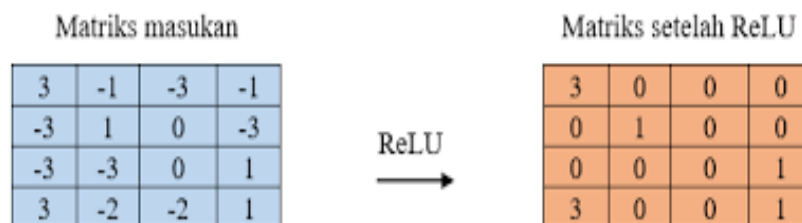
Convolution layer merupakan bagian inti dari *Convolutional Neural Network (CNN)* yang berperan penting dalam melakukan perhitungan lebar, tinggi, dan kedalaman gambar serta kernel. Lapisan ini berfungsi untuk memproses *filter* dan *feature map* pada gambar *input* [13].



Gambar 2. 8 Proses Convolution Layer [14]

3. Fungsi Aktivasi *ReLU*

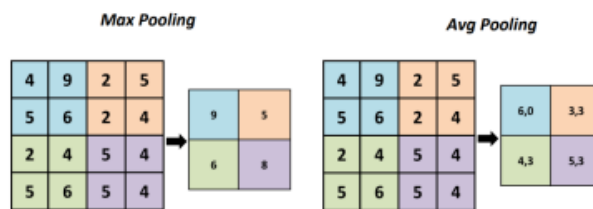
Fungsi aktivasi *ReLU* (*Rectified Linear Unit*) digunakan setelah proses konvolusi dan sebelum *pooling* (di tahap *feature extractor*), serta diterapkan pada setiap *node* di *hidden layer* (di tahap *fully connected*). *ReLU* merupakan lapisan aktivasi dengan fungsi $f(x) = \max(0, x)$, yang mengubah semua nilai piksel kurang dari nol pada suatu gambar menjadi 0. Fungsi ini bertujuan untuk mengurangi linearitas yang muncul dari proses konvolusi, sehingga *Convolutional Neural Network* (*CNN*) lebih mudah mencapai nilai optimum [10].



Gambar 2. 9 Ilustrasi Proses ReLu

4. Pooling Layer

Pooling layer merupakan filter dengan ukuran tertentu yang bergerak melintasi seluruh area *feature map*. Fungsi utama *pooling layer* adalah mengurangi dimensi atau melakukan *downsampling* pada *feature map*, sehingga mempercepat proses komputasi karena jumlah bobot yang perlu diperbarui menjadi lebih sedikit [10]. Terdapat beberapa metode *pooling* yang umum digunakan, seperti *max pooling* dan *average pooling*. *Max pooling* berfungsi untuk memilih nilai maksimum dari area tertentu, sementara *average pooling* menghitung nilai rata-rata dari area tertentu [13].

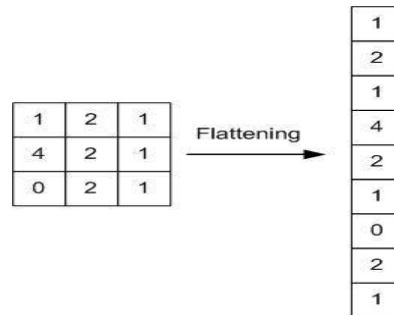


Gambar 2. 10 Max Pooling dan Average Pooling [15]

5. Flatten Layer

Flatten layer adalah langkah yang dilakukan sebelum memasuki *Fully Connected Layer*. Pada tahap ini, *feature map* yang dihasilkan dari proses *feature extraction* masih berupa *array* multidimensi, sehingga perlu dilakukan proses *flattening* untuk mengubahnya menjadi vektor satu dimensi. Proses ini memastikan fitur dapat digunakan sebagai *input* untuk tahap klasifikasi atau *fully connected layer*. Dengan demikian, informasi

dari *feature map* tetap dipertahankan, namun dalam format yang sesuai untuk diproses oleh lapisan *fully connected* [14].



Gambar 2. 11 Ilustrasi Proses *Flatten Layer*

Gambar 2.11 menunjukkan hasil akhir dari *pooling* yang diubah menjadi satu vektor. Proses *flattening* ini kemudian digunakan sebagai *input* untuk *Fully Connected Layer*. *Flatten* adalah proses yang berfungsi untuk mengubah *feature map* berbentuk matriks multidimensi menjadi vektor, sehingga dapat dimasukkan ke dalam *Fully Connected Layer* sebagai *input* [14].

6. *Fully Connected Layer*

Fully Connected Layer terdiri dari *Input Layer*, *Hidden Layer*, dan *Output Layer*, yang memiliki struktur mirip dengan lapisan pada jaringan saraf tiruan (ANN). Oleh karena itu, beberapa literatur mengidentifikasi *fully connected layer* sebagai ANN. Pada *fully connected layer*, setiap node (*neuron*) pada *layer* sebelumnya terhubung penuh dengan setiap node di *layer* berikutnya. Setiap *hidden layer* memiliki fungsi aktivasi, yang umum digunakan yaitu ReLu, dan begitu pula di *output layer* juga memiliki fungsi

aktivasi. Untuk klasifikasi dengan lebih dari satu kelas, fungsi *Softmax* sering digunakan. *Fully connected layer* bertujuan untuk mengolah data agar dapat diklasifikasikan, dan hasilnya berupa probabilitas untuk setiap kategori (jika menggunakan *Softmax*) [10]. Persamaan *Fully Connected Layer* ditunjukkan sebagai berikut :

$$z = W \cdot x + b$$

Keterangan:

z = hasil operasi linear (logit) sebelum aktivasi

W = matriks bobot

x = vektor *input*

b = vektor bias

7. Fungsi Aktivasi *Softmax*

Fungsi aktivasi *Softmax* digunakan dalam kasus klasifikasi *multi-class* (lebih dari dua kelas) dan ditempatkan pada *output layer* dalam tahap *fully connected* atau klasifikasi. *Softmax* berfungsi untuk menghitung probabilitas dari setiap kelas target (kategori) atas semua kelas target yang memungkinkan, sehingga dapat membantu menentukan kelas target untuk suatu citra yang diberikan. Keunggulan *Softmax* adalah *outputnya* dalam rentang probabilitas antara 0 hingga 1, dan jumlah keseluruhan probabilitasnya sama dengan satu [10]. Persamaan *Softmax* di tunjukkan sebagai berikut [16]:

$$f(x) = \frac{e^{x_i}}{\sum_{j=1}^k e^{x_j}} \text{ for } i = 1, 2, 3, \dots, k$$

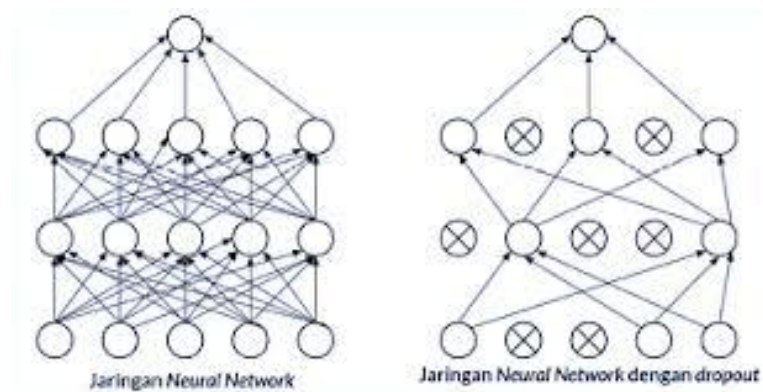
Keterangan:

e^{x_i} = eksponensial dari nilai neuron i

$\sum e^{x_j}$ = jumlah semua eksponensial

8. *Dropout Regularization*

Dropout merupakan teknik regularisasi yang digunakan untuk mengurangi *overfitting* pada *neural network*, di mana beberapa *neuron* dipilih secara acak untuk dinonaktifkan selama proses pelatihan (dengan kata lain: menghilangkan fitur/mengurangi variansi). *Neuron-neuron* ini diabaikan secara acak, sehingga kontribusinya dihentikan sementara, dan tidak ada bobot baru yang diterapkan pada *neuron-neuron* tersebut selama *backpropagation*. Selain membantu mengurangi *overfitting*, penggunaan *Dropout* juga mempercepat proses pelatihan (*training*) [10].

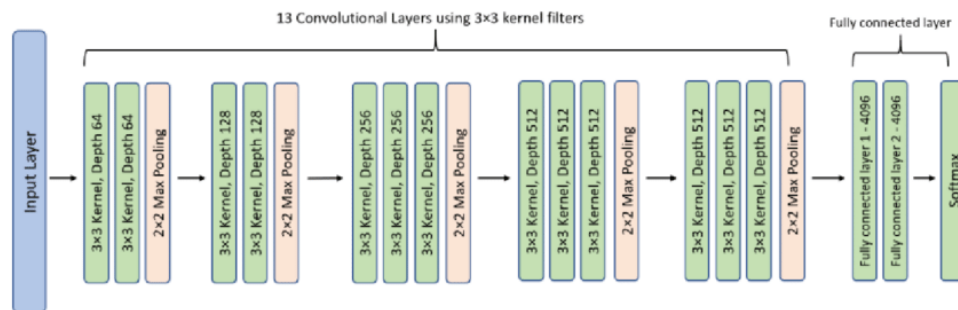


Gambar 2. 12 Ilustrasi penggunaan *Dropout* [10]

2.7 VGG16

VGGNet adalah salah satu arsitektur *Convolutional Neural Network (CNN)* yang diperkenalkan pada tahun 2014. Keunggulannya terletak pada desain yang sederhana dan penggunaan kernel kecil yaitu 3×3 , yang mengurangi jumlah parameter, sehingga proses pelatihan dan pengujian menjadi lebih cepat dan ringan. Kernel kecil ini juga memungkinkan jaringan menjadi lebih dalam dan meningkatkan kemampuan dalam mengenali fitur [17]. *VGG16* merupakan salah satu arsitektur dari metode *Convolutional Neural Network (CNN)*. Secara umum perbedaan antara *Convolutional Neural Network (CNN)* dan *VGG16* adalah:

1. *Convolutional Neural Network (CNN)* merupakan metode sedangkan *VGG16* adalah arsitektur.
2. *VGG16* merupakan arsitektur dalam metode *Convolutional Neural Network (CNN)*.



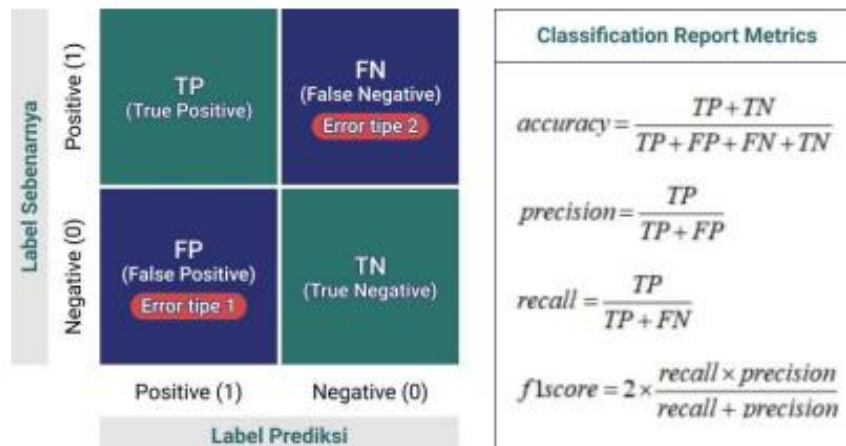
Gambar 2. 13 Arsitektur VGG16

Berdasarkan Gambar 2.13, arsitektur ini memiliki 16 lapisan yang terdiri dari lapisan *Convolutional* dan *Fully Connected*. Ukuran *input* citra yang digunakan adalah

224×224 piksel dengan nilai *learning rate* sebesar 0.0001 [17]. Arsitektur ini memakai kernel berukuran 3×3 dengan kedalaman (*depth*) 64, karena citra memiliki tiga saluran warna *RGB* (*Red, Green, Blue*). Di dalam arsitektur tersebut juga terdapat proses *Max Pooling* yang berfungsi untuk mengambil nilai maksimum dari area tertentu, misalnya ukuran 2×2 , guna mewakili fitur utama dari citra. Setelah melewati 13 lapisan konvolusi, data kemudian diproses melalui dua lapisan *Fully Connected*, seperti dijelaskan dalam Gambar 2.13, dan diakhiri dengan fungsi aktivasi *Softmax*.

2.8 Confusion Matrix dan Classification Report

Dalam *Machine Learning* (ML) dan *Deep Learning* (DL), klasifikasi termasuk dalam metode *supervised learning*. Salah satu langkah penting dalam pengembangan model ML/DL adalah evaluasi kinerja model. Dua teknik yang sering digunakan untuk mengevaluasi model klasifikasi adalah *Confusion Matrix* dan *Classification Report* [10].



Gambar 2. 14 *Confusion Matrix dan Rumus metrics di Classification Report* [10]

Berikut penjelasan mengenai *Confusion Matrix* dan *Classification Report* pada Gambar 2.13, yaitu sebagai berikut:

1. *Confusion Matrix*

Confusion Matrix merupakan sebuah tabel berukuran $N \times N$ (di mana N adalah jumlah kelas/label/kategori) yang berisi jumlah prediksi benar dan salah dari suatu model klasifikasi, yang berfungsi untuk membandingkan nilai aktual dengan nilai prediksi yang dihasilkan oleh model. Setiap baris dalam matriks mewakili kelas sebenarnya, sementara setiap kolom mewakili kelas yang diprediksi. Matriks ini menghasilkan empat jenis nilai utama, yaitu:

- a. *True Positive* (TP): Prediksi positif & nilai sebenarnya positif.
- b. *True Negative* (TN): Prediksi negatif & nilai sebenarnya negatif.
- c. *False Positive* (FP): Prediksi positif & nilai sebenarnya negatif.
- d. *False Negative* (FN): Prediksi negatif & nilai sebenarnya positif.

2. *Classification Report*

Meskipun *Confusion Matrix* memberikan hasil yang cukup rinci, memahaminya secara langsung terkadang masih sulit untuk menilai seberapa baik kinerja model dalam melakukan klasifikasi. Oleh karena itu, data dari *Confusion Matrix* dapat diolah untuk menghitung metrik yang digunakan dalam mengukur kinerja model. Hasil pengukuran ini disebut sebagai *Classification Report* [10]. Berikut adalah metrik yang digunakan:

- a. *Accuracy*: Menggambarkan seberapa akurat model dalam mengklasifikasikan dengan benar.
- b. *Precision*: menggambarkan akurasi antara data yang diminta dengan hasil prediksi model.
- c. *Recall*: menggambarkan keberhasilan model dalam menemukan kembali sebuah informasi.
- d. *F1-Score*: menggambarkan perbandingan rata-rata *Precision* dan *Recall* yang dibobotkan.

Accuracy digunakan ketika TP dan TN lebih penting, sementara *F1-Score* digunakan ketika FN dan FP sangat penting. *Accuracy* dapat digunakan jika distribusi kelas serupa, sedangkan *F1-Score* lebih sesuai untuk mengatasi masalah dengan distribusi kelas yang tidak seimbang. Dalam banyak kasus klasifikasi di dunia nyata, distribusi kelas seringkali tidak seimbang, sehingga *F1-Score* menjadi metrik yang lebih baik untuk mengevaluasi kinerja model [10].

2.9 Python

Python merupakan salah satu bahasa pemrograman yang banyak digunakan, baik oleh akademisi maupun kalangan umum, untuk berbagai keperluan seperti membangun aplikasi desktop atau *website*, membuat permainan (*games*), statistik, *IoT* (*Internet Of Things*), analisis data, pengolahan dan visualisasi data. Saat ini, *Python* juga populer digunakan dalam proyek *AI*, termasuk *Convolutional Neural Network* (*CNN*), berkat dukungan *library* dan *framework* yang memadai [10]. Berikut beberapa *library* *Python* yang sering digunakan pada *Convolutional Neural Network* (*CNN*):

1. *Tensorflow*

Tensorflow merupakan *library* yang dikembangkan dan dikelola oleh *Google* untuk kebutuhan *machine learning (ML)* dan *deep learning (DL)*. *Library* ini mendukung berbagai tugas *ML/DL*, seperti regresi dan klasifikasi, dan dirancang untuk berjalan di *CPU*, *GPU*, hingga sistem operasi *mobile*. *Tensorflow* memiliki fleksibilitas tinggi yang memungkinkan banyak penyesuaian sesuai kebutuhan, namun penggunaannya cenderung tidak mudah sehingga kurang cocok bagi pemula [10].

2. *Keras*

Keras merupakan *API* jaringan saraf *high-level* yang membantu jalannya *deep learning* dan *artificial intelligent*. *Keras* menggunakan bahasa pemrograman *Python* dan bisa berjalan pada *Tensorflow*, *CNTK*, atau *Theano*, dan dikenal sebagai *library neural network* yang mudah digunakan. Seiring berkembangnya *deep learning*, *Keras* menyediakan *pretrained models*, yaitu model yang sudah terlatih, untuk menyelesaikan berbagai masalah seperti klasifikasi gambar dan lainnya. Dalam *Keras*, *pretrained models* ini dikenal sebagai kelas *Applications* [12].

3. *Sklearn*

Digunakan sebagai alat untuk *machine learning* dan model statistik, seperti klasifikasi, regresi, *clustering*, dan pengurangan dimensi. Dalam konteks *Convolutional Neural Network CNN*), contohnya termasuk penerapan *K-*

Fold Cross Validation pada *dataset*, serta pembuatan *Confusion Matrix* dan *Classification Report* [10].

4. *Numpy*

Digunakan untuk memproses dan mengolah berbagai kebutuhan *array* dan matriks. Dalam konteks *Convolutional Neural Network CNN*), contohnya mencakup *reshape* dimensi citra, menghitung rata-rata dan standar deviasi akurasi model *Convolutional Neural Network CNN*), serta pengolahan lain yang berbasis *array* dan matriks [10].

5. *Pandas*

Digunakan untuk memanipulasi dan analisis data. Dalam konteks *Convolutional Neural Network CNN*), contohnya adalah penyimpanan riwayat pelatihan (yang berisi *accuracy* dan *loss*) ke dalam format tabel CSV [10].

6. *Matplotlib*

Digunakan untuk membuat visualisasi data. Dalam konteks *Convolutional Neural Network CNN*), contohnya mencakup mem-plot *dataset* beserta labelnya, serta memplot hasil *training* dan *testing* model *Convolutional Neural Network CNN*) ke dalam grafik [10].

7. *Seaborn*

Digunakan untuk menghasilkan visualisasi data yang lebih menarik dan informatif berdasarkan *Matplotlib*. Dalam konteks *Convolutional Neural*

Network CNN), contohnya adalah membuat *heatmap* untuk *Confusion Matrix*, sehingga analisis menjadi lebih mudah dan informatif [10].

2.10 Jupyter Notebook

Jupyter Notebook merupakan perangkat lunak *open-source* yang dapat diakses melalui *browser*. Aplikasi ini berfungsi sebagai laboratorium virtual, mendukung berbagai aktivitas seperti penulisan kode, pengolahan data, dan visualisasi hasil dengan detail, sehingga mempermudah alur kerja dalam pengembangan dan analisis data. *Jupyter Notebook* mendukung berbagai bahasa pemrograman seperti *Python*, *R*, *Julia*, dan lainnya [18].

2.11 Flask

Flask merupakan *framework web* yang minimalis yang dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman *Python*. *Framework* ini dirancang untuk memudahkan pengembang dalam membangun aplikasi *web*. Meskipun memiliki struktur sederhana, *flask* mampu memberikan kinerja yang optimal dan dapat diandalkan untuk pengembangan aplikasi *web*, baik dalam skala kecil maupun besar [19].

2.12 Penelitian Terkait

Tabel 2.1 Penelitian Terkait

No.	Nama Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
1.	M. Raihan Rafiiful Allaam,	Klasifikasi Genus Tanaman Anggrek	<i>Convolutional Neural</i>	Dengan hasil penelitian model terbaik yang memiliki skor akurasi

No.	Nama Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
	Agung Toto Wibowo, 2021	Menggunakan Metode <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	<i>Network (CNN)</i>	<i>testing</i> pada uji lapangan sebesar 90.44%, dan <i>score</i> akurasi <i>testing</i> dari internet sebesar 80.54%, serta <i>F1-Score</i> tertinggi sebesar 98% untuk genus <i>Dendrobium</i> [10].
2.	Umami Sri Rahmadhani, Noveri Lysbetti Marpaung, 2023	Klasifikasi Jamur Berdasarkan Genus Dengan Menggunakan Metode CNN	<i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	Dengan menggunakan <i>dataset</i> sebanyak 1200 data yang dibagi dalam perbandingan 70:30 untuk data latih dan data uji, model ini mencapai akurasi terbasik sebesar 89 % pada tahap pelatihan dan 82% pada tahap validasi. Berdasarkan hasil ini, model telah menunjukkan kemampuan yang memadai dalam mengklasifikasikan genus jamur menggunakan metode <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i> [5].
3.	Susi Yuliany, Aradea, Andi Nur Rachman, 2022	Implementasi <i>Deep Learning</i> pada Sistem Klasifikasi Hama Tanaman Padi Menggunakan Metode <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	<i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	Penelitian ini menerapkan metode <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i> untuk klasifikasi hama pada tanaman padi, dengan upaya mengatasi masalah <i>overfitting</i> melalui strategi pembagian data dan pengaturan parameter. Komposisi data optimal adalah 90% untuk data latih dan 10% untuk data

No.	Nama Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
				uji, menghasilkan arsitektur yang mencapai akurasi pelatihan sebesar 83.02%, 78.30%, dan 81.13%. hasil akurasi pada tahap pengujian untuk model-model tersebut adalah 69.33%, 77.33% dan 76% [20].
4.	Yoga Purna Irawan, Indah Susilawati, 2022	Klasifikasi Jenis <i>Aglaonema</i> Berdasarkan Citra Daun Menggunakan <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	<i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	Berdasarkan hasil penelitian 4 percobaan menggunakan <i>optimizer</i> serta konfigurasi nilai <i>epoch</i> yang berbeda-beda, diperoleh nilai akurasi validasi <i>training</i> tertinggi yakni sebesar 98,00%. Sistem yang dibangun juga dapat mengklasifikasikan citra <i>aglaonema</i> dengan baik, dengan tingkat keberhasilan akurasi sebesar 96% dari 50 citra yang diuji [21].
5.	Ricky Yohannes, Muhammad Ezar Al Rivan, 2022	Klasifikasi Jenis Kanker Kulit Menggunakan CNN-SVM	CNN-SVM	Hasil terbaik dicapai dengan skenario <i>patch preprocessing</i> , menggunakan arsitektur VGG-19 dan kernel linear yang dioptimasi dengan metode random dan <i>grid search</i> . Model ini mencapai akurasi sebesar 65,33%, <i>recall</i> 65,33%, <i>precision</i> 68,51%, dan <i>F1-Score</i> sebesar 65,77 % [22].

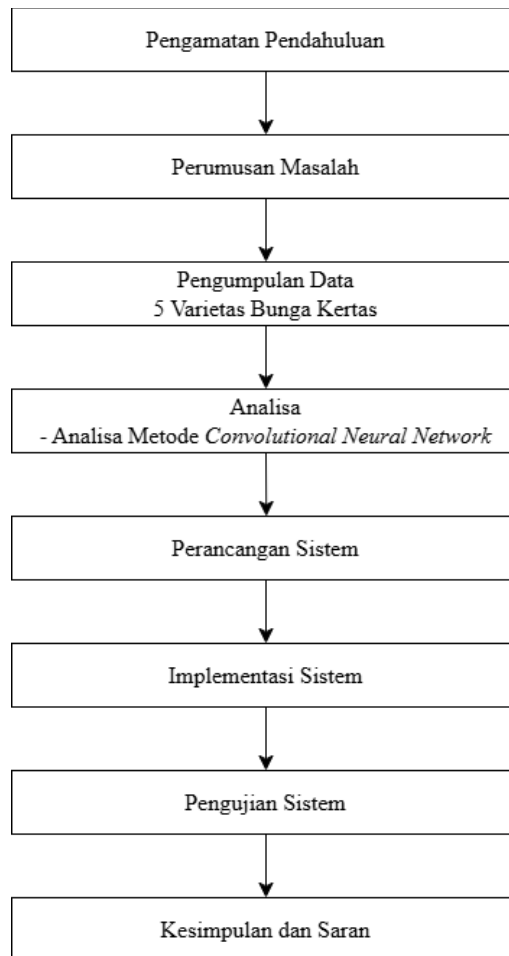
No.	Nama Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
6.	Fani Nurona Cahya, Nila Hardi, Dwiza Riana, Dwiza Riana, Sri Hadiani, 2021	Klasifikasi Penyakit Mata Menggunakan <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	<i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	Model CNN dengan arsitektur <i>Alexnet</i> mencapai tingkat akurasi sebesar 98,37% dalam klasifikasi penyakit mata [23].
7.	Didit Iswanto, Dewi Handayani UN, 2022	Klasifikasi Penyakit Tanaman Jagung Menggunakan Metode <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	<i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	Penelitian ini berhasil mencapai akurasi pelatihan sebesar 97,5% dan akurasi validasi sebesar 100%. Pada pengujian dengan data baru, model mencapai tingkat akurasi sebesar 94% dalam mengklasifikasikan jenis penyakit tanaman jagung [24].
8.	Budi Yanto, Luth Fimawahib, Asep Supriyanto, B. Herawan Hayadi, Rinanda Rizki Pratama	Klasifikasi Tekstur Kematangan Buah Jeruk Manis Berdasarkan Tingkat Kecerahan warna dengan Metode <i>Deep Learning Convolutional Neural Network</i>	<i>Convolutional Neural Network</i>	Model mencapai akurasi klasifikasi sebesar 97,52% pada seluruh <i>dataset</i> , dengan hasil klasifikasi sebesar 67,82%. Dari pengujian terhadap 10 citra (5 citra jeruk berkualitas baik dan 5 citra jeruk busuk), model menghasilkan akurasi 96% pada pelatihan dan 92% pada pengujian, menunjukkan kemampuan model yang sangat baik dalam mengklasifikasikan kelayakan buah jeruk manis [4].
9.	Annisa Nurfitri Rida	Analisis Arsitektur	<i>Convolutional Neural</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa

No.	Nama Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
	Munandar, Anief Fauzan Rozi, 2024	<i>Convolutional Neural Network</i> Untuk Klasifikasi Citra Bunga	<i>Network (CNN)</i>	<i>Convolutional Neural Network (CNN)</i> dengan arsitektur <i>NasNetMobile</i> dan <i>fine-tuning</i> menghasilkan tingkat akurasi tertinggi, yaitu 99,15%, sedangkan arsitektur <i>NasNetMobile</i> tanpa <i>fine-tuning</i> mencapai akurasi terendah sebesar 97,45% [25].
10.	Muhammad Alfin Jimly Asshiddiqie Basuki Rahmat, Fetty Tri Anggraeny, 2020	Deteksi Tanaman Tebu Pada Lahan Pertanian Menggunakan Metode <i>Convolutional Neural Network</i>	<i>Convolutional Neural Network (CNN)</i> dan <i>YOLO (You Only Look Once)</i>	Metode CNN dengan YOLO menunjukkan hasil yang memuaskan dalam mendeteksi tebu, mencapai rata-rata nilai kepercayaan (confidence) sebesar 95% pada pengujian video. Dengan nilai threshold 0,1, sistem ini mencatat skor precision 1,00, recall 0,95, dan akurasi 0,95 untuk identifikasi tanaman tebu [26].

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan mengikuti tahapan demi tahapan yang saling berhubungan. Setiap tahapan dijelaskan dalam metode penelitian yang disusun secara sistematis, terstruktur, dan ditampilkan dalam bentuk skema yang jelas. Berikut tahapan-tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah:



Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian

Penjelasan dari tahapan-tahapan penelitian pada Gambar 3.1 dapat dilihat pada penjelasan dibawah ini:

3.1 Pengamatan Pendahuluan

Pada pengamatan pendahuluan, salah satu alat yang sering digunakan adalah metode penilaian untuk mengukur proses dan perilaku individu dalam kegiatan yang dapat diamati. Dalam hal ini, pengamatan dengan menggunakan metode *Convolutional Neural Network (CNN)* diterapkan sebagai studi literatur dalam penelitian proposal skripsi. Hasil dari pengamatan pendahuluan ini didasarkan pada tinjauan penelitian sebelumnya yang menggunakan metode *Convolutional Neural Network (CNN)*. Karena penelitian terkait klasifikasi citra bunga kertas dengan metode *Convolutional Neural Network (CNN)* belum ada diteliti sebelumnya, maka dari itu menjadi inspirasi untuk mengembangkan penelitian baru dengan fokus pada klasifikasi bunga kertas, dengan metode *Convolutional Neural Network (CNN)*.

3.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan hasil dari pengamatan pendahuluan sebelumnya, tahapan selanjutnya adalah perumusan masalah. Pada tahapan perumusan masalah akan dirumuskan masalah yang dianggap sebagai penelitian dalam proposal skripsi ini. Permasalahan yang menjadi dasar perumusan masalah dalam penelitian ini didasarkan pada kurangnya konsistensi dalam proses klasifikasi bunga kertas secara manual. Solusi yang diperoleh dari tahapan perumusan masalah ini akan menjadi judul penelitian proposal skripsi ini “Klasifikasi Citra Bunga Kertas Menggunakan Metode *Convolutional Neural Network (CNN)*.”

3.3 Pengumpulan data

Pengumpulan data merupakan tahapan yang bertujuan untuk memperoleh data-data informasi yang berhubungan dengan penelitian proposal skripsi ini. Pada tahap pengumpulan data ini, juga dilakukan untuk mengumpulkan seluruh data yang akan diproses menggunakan metode *Convolutional Neural Network (CNN)*. Data yang dikumpulkan dapat diperoleh dari:

1. Data citra bunga kertas

Data citra bunga kertas yang dikumpulkan berdasarkan variasi jenis dan warna *braktea*.

2. Data citra bukan bunga kertas

Data citra bukan bunga kertas diperoleh dari situs *kaggle.com* berupa gambar kucing, anjing, musang, buah-buahan, dan jalan raya.

3. Data dalam metode *Convolutional Neural Network (CNN)*

Data yang diterjemahkan dalam program untuk dijabarkan dalam mengklasifikasikan citra bunga kertas.

3.4 Analisis

Tahapan selanjutnya adalah melakukan analisis metode sistem dari penelitian proposal skripsi ini. Adapun tahapan analisa dalam penelitian proposal skripsi ini adalah sebagai berikut:

3.4.1 Analisis Metode *Convolutional Neural Network (CNN)*

Tahap ini merupakan proses dimana langkah-langkah dalam *Convolutional Neural Network (CNN)* diterapkan. Langkah pertama dimulai dengan *convolutional*

layer, di mana fitur-fitur penting dari citra akan diekstraksi. Selanjutnya, citra yang telah diproses pada *layer* pertama akan diteruskan ke *layer* berikutnya dengan tujuan untuk mengekstraksi fitur yang lebih kompleks. Setelah itu, digunakan *pooling layer*, yang berfungsi untuk mengubah ukuran *input* yang berbeda. Proses ini bertujuan untuk mengurangi jumlah parameter dan waktu perhitungan yang diperlukan selama proses pelatihan model, sehingga meningkatkan kinerja model *Convolutional Neural Network (CNN)*.

3.5 Perancangan Sistem

Perancangan sistem dalam penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan model klasifikasi citra bunga kertas menggunakan metode *Convolutional Neural Network (CNN)*. Sistem yang dirancang meliputi beberapa komponen utama yaitu:

1. Pengumpulan Data: Menggunakan dataset citra bunga kertas dan bukan bunga kertas yang telah dikumpulkan dan dikategorikan kedalam data latih dan data validasi..
2. *Preprocessing* Data: Dilakukan normalisasi, augmentasi, dan pembagian data latih serta data validasi.
3. Pembangunan Model *Convolutional Neural Network (CNN)*: Model *Convolutional Neural Network (CNN)* dikembangkan untuk klasifikasi bunga kertas berdasarkan fitur diekstraksi.
4. Pelatihan dan Evaluasi Model: Model dilatih dengan dataset yang telah diproses dan dievaluasi menggunakan metrik performa.

5. Implementasi *UI* dengan *Framework Flask*: Model yang telah dilatih diterapkan dalam antarmuka berbasis *web* untuk memudahkan pengguna dalam melakukan klasifikasi gambar.

3.6 Implementasi Sistem

Beberapa komponen pendukung yang berperan penting dalam implementasi sistem diantaranya adalah perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Adapun spesifikasi dari perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan sebagai berikut:

1. Perangkat keras (*hardware*), antara lain:

Processor : Intel(R) Core (TM) i3-4030U CPU @ 1.90GHz (4 CPUs), ~1.9GHz

Memory : 4.00 GB

System type : Windows 10 Pro 64-bit (10.0, build 17763)

Harddisk : 500 GB

2. Perangkat lunak (*software*), antara lain:

Sistem operasi : Windows 10

Tools : Jupyter Notebook , Visual Studio Code, dan *framework Flask*.

3.7 Pengujian Sistem

Pengujian sistem bertujuan untuk memastikan bahwa model *Convolutional Neural Network (CNN)* yang dibangun apakah bekerja dengan baik sesuai yang diharapkan atau tidak dalam mengklasifikasikan citra bunga kertas. Pengujian yang

dilakukan melibatkan evaluasi model dengan data uji, uji prediksi citra baru, dan analisis matrik kinerja model seperti *akurasi*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*.

3.8 Kesimpulan dan Saran

Tahapan terakhir adalah menarik kesimpulan dari hasil penelitian yang didapatkan dalam mengklasifikasikan citra bunga kertas. Pada tahapan ini juga berisikan saran peneliti bagi pembaca untuk melakukan pengembangan terhadap penelitian ini kedepannya.