



Implementation of Convolutional Neural Network on Images for Starlings Classification

Implementasi Convolutional Neural Network pada Citra untuk Klasifikasi Burung Jalak

Eduardo Christianto ¹⁾, Alwin M. Sambul ²⁾, Feisy D. Kambey ³⁾
Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu, 95115, Indonesia
wheremydots@gmail.com ¹⁾, asambul@unsrat.ac.id ²⁾, feisykambey@unsrat.ac.id ³⁾

Diterima: tgl; direvisi: tgl; disetujui: tgl

Abstract — In general, the classification of images that have been done is more likely to the classification of objects with large categories, where the objects have a relatively low level of similarity is rare, Starlings (*Sturnidae*) is one of the families of chirping birds that have many interesting features that are much loved by humans, with many types of starlings that exist sometimes humans still have difficulty identifying or recognizing the type of starlings, so the need for study or development by utilizing the Convolutional Neural Network to classify objects with smaller categories, which objects used in this study are starlings that have significant differences only in motive and color only. Based on the test results of several parameters conducted on the Convolutional Neural Network method to classify the image of starling species, obtained a model with high performance with an accuracy of 98%. The conclusion is that the Convolutional Neural Network method, able to classify the image of starling species very well.

Keywords — Convolutional Neural Network; Deep Learning; Image Classification; Starling

Abstrak — Secara umum, pengklasifikasian citra yang telah dilakukan lebih cenderung kepada klasifikasi objek dengan kategori yang besar, yang mana objek-objek tersebut memiliki tingkat kemiripan yang tergolong rendah jarang ditemui, Jalak (*Sturnidae*) merupakan salah satu famili dari burung kicau yang memiliki banyak fitur menarik sehingga banyak digemari oleh manusia, dengan banyak jenis burung jalak yang ada terkadang manusia masih kesulitan untuk mengidentifikasi atau mengenali jenis burung jalak, sehingga diperlukannya studi atau pengembangan dengan memanfaatkan Convolutional Neural Network untuk mengklasifikasikan objek dengan kategori yang lebih kecil, yang mana objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah burung jalak yang memiliki perbedaan signifikan hanya pada motif dan warna saja. Berdasarkan hasil pengujian dari beberapa parameter yang dilakukan pada metode Convolutional Neural Network untuk melakukan pengklasifikasian citra jenis burung Jalak, didapatkan model dengan performa yang tinggi yaitu dengan akurasi sebesar 98%. Mendapatkan kesimpulan bahwa metode Convolutional Neural Network, mampu melakukan klasifikasi citra jenis burung jalak dengan sangat baik.

Kata kunci — Convolutional Neural Network; Deep Learning; Klasifikasi Citra; Jalak

I. PENDAHULUAN

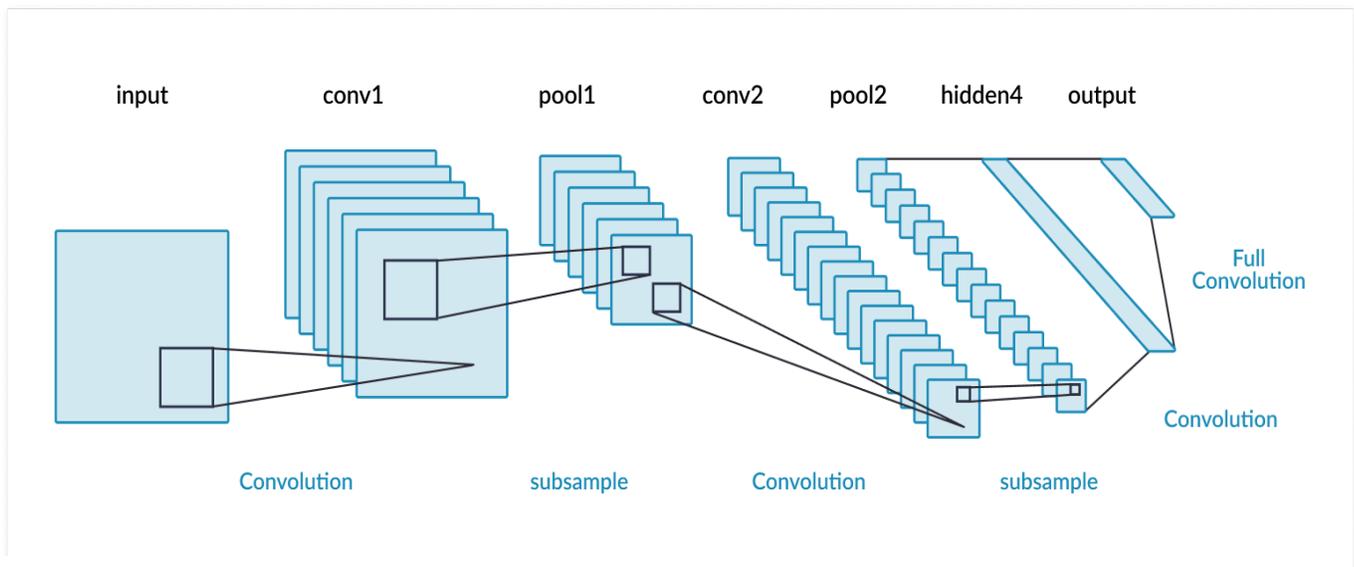
Seiring dengan perkembangan teknologi informasi pada era

digital ini, membuat informasi dapat diakses dan digunakan dengan mudah. Kemudahan penggunaan informasi ini membuat data bertumbuh dengan sangat pesat. Dengan begitu banyak citra yang diunggah tiap harinya, maka model dan algoritma untuk klasifikasi objek dalam citra (*image classification*) yang lebih baik dapat dibuat dengan memanfaatkan citra tersebut [1]. Komputer menerima masukan sebagai citra yang kemudian citra tersebut akan di proses, diidentifikasi dan diberikan keluaran berupa hasil klasifikasi [2].

Pengklasifikasian citra ini merupakan hal yang cukup mudah untuk dilakukan oleh manusia[2], berbeda halnya dengan komputer, pengklasifikasian citra menjadi salah satu masalah dalam bidang visi komputer (*Computer Vision*) yang dari dulu dicari solusinya. Metode-metode berbasis *machine learning* merupakan teknik yang umum digunakan untuk memecahkan masalah tersebut. Salah satu metode yang paling banyak digunakan untuk data citra adalah *Convolutional Neural Network* atau dikenal dengan *ConvNet* atau *CNN*. *CNN* merupakan pengembangan dari *MLP (multi-layer perceptron)* yang merupakan salah satu algoritma dari pembelajaran dalam (*Deep Learning*). Metode *CNN* ini memiliki hasil paling signifikan dalam pengenalan citra, hal tersebut dikarenakan *CNN* berusaha meniru sistem pengenalan citra pada *visual cortex* manusia, sehingga memiliki kemampuan mengolah informasi citra [3].

Secara umum, pengklasifikasian citra yang telah dilakukan lebih cenderung kepada klasifikasi objek dengan kategori yang lebih besar, seperti klasifikasi mamalia, unggas dan sebagainya yang memiliki tingkat kemiripan bentuk fisik yang rendah. Pengklasifikasian pada citra dengan objek-objek yang memiliki bentuk fisik yang mirip tergolong jarang ditemui.

Jalak (*Sturnidae*) merupakan salah satu jenis burung kicau yang sangat digemari oleh manusia. Burung jalak mempunyai suara kicauan yang sangat merdu serta memiliki keunikan tertentu yang dapat diamati lewat fitur dari masing-masing jenis burung jalak. Dari berbagai jenis jalak tersebut, terkadang manusia masih sulit untuk mengidentifikasi serta mengenali nama dari jenis burung jalak. Sehingga, perlu adanya studi atau pengembangan dalam hal pengenalan jenis burung jalak dengan memanfaatkan metode *CNN* agar dapat memudahkan manusia dalam mengidentifikasi jenis burung jalak.



Gambar 1. Arsitektur CNN sederhana

Berdasarkan latar belakang yang telah digagas sebelumnya, dalam penelitian ini berfokus membangun model *Convolutional Neural Network* pada objek dengan kategori yang lebih kecil. *Dataset* yang digunakan sebagai objek dalam penelitian ini adalah satwa unggas terlebih pada burung Jalak (*Sturnidae*) yang memiliki bentuk fisik mirip dan perbedaan signifikan hanya terdapat pada motif dan warna.

A. Penelitian Terkait

Penelitian oleh Achmad Yusuf, Randy Cahya dan Randy Chaya Wilhandika pada tahun 2019 mengenai Klasifikasi Emosi Berdasarkan Ciri Wajah Menggunakan *Convolutional Neural Network*. Penelitian ini membahas tentang bagaimana membangun sebuah model CNN yang optimal untuk dapat mengklasifikasikan emosi, penentuan nilai parameter pada jaringan sangat berpengaruh pada proses latih, dengan menggunakan nilai *learning rate* sebesar 0,0000850981267220764 membuat penurunan nilai *loss* pada model sangat signifikan dan mendapatkan akurasi sebesar 80.75% dalam mengklasifikasikan emosi pada wajah [4].

Penelitian oleh Isna Wulandari, Hasbi Yasin dan Tatik Widiharih pada tahun 2020 mengenai Klasifikasi Citra Digital Bumbu dan Rempah Dengan Algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN). Penelitian ini membahas tentang membangun model CNN untuk mengklasifikasikan citra bumbu dan rempah, yang mana mendapatkan hasil akurasi sebesar 88,89% [5].

Penelitian oleh Sarirotul Ilahiyah dan Agung Nilogiri pada tahun 2018 tentang Implementasi *Deep Learning* Pada Identifikasi Jenis Tumbuhan Berdasarkan Citra Daun Menggunakan *Convolutional Neural Network*. Penelitian ini membangun sebuah model CNN untuk mengidentifikasi jenis genus tumbuhan dengan nilai akurasi sebesar 90.8% [6].

B. Citra

Citra adalah suatu representasi (gambaran), kemiripan, atau imitasi dari suatu objek. Citra terbagi 2 yaitu citra yang bersifat analog dan ada citra yang bersifat digital. Citra analog

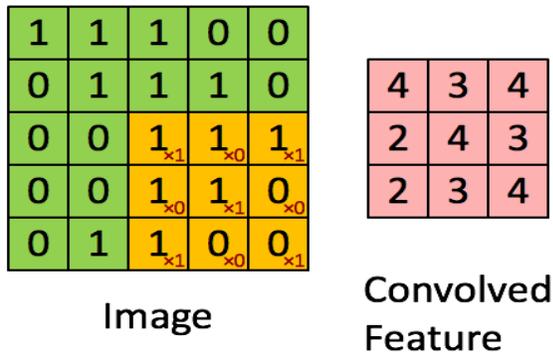
adalah citra yang bersifat kontinu seperti gambar pada monitor, televisi dan foto sinar X, sedangkan pada citra digital adalah citra yang dapat diolah oleh komputer. Nilai suatu piksel memiliki nilai dalam rentang tertentu, dari nilai minimum sampai nilai maksimum. Jangkauan yang digunakan berbeda-beda tergantung dari jenis warnanya. Namun secara umum untuk citra 8-bit jangkauannya adalah 0 – 255. Citra dengan penggambaran tersebut digolongkan ke dalam citra integer [7].

C. Pengolahan Citra Digital

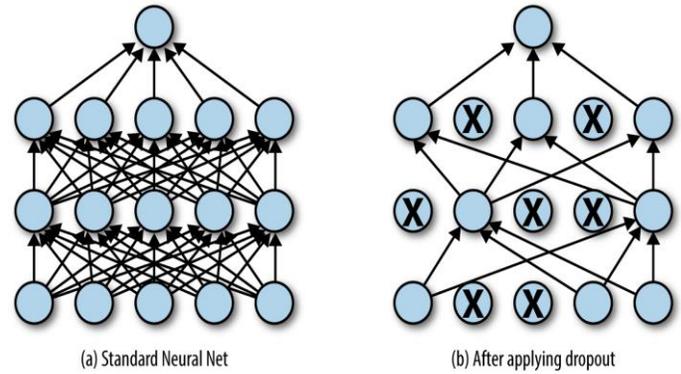
Pengolahan citra digital (*Digital Image Processing*) adalah sebuah disiplin ilmu yang mempelajari tentang teknik-teknik mengolah citra digital. Citra digital yang dimaksud merupakan citra maupun gambar yang berasal dari kamera, komputer, atau perangkat elektronik lainnya [7]. Pengolahan citra digital ini bertujuan untuk mengolah atau memanipulasi sebuah citra menjadi citra lain untuk suatu tujuan tertentu [8].

D. Convolutional Neural Network

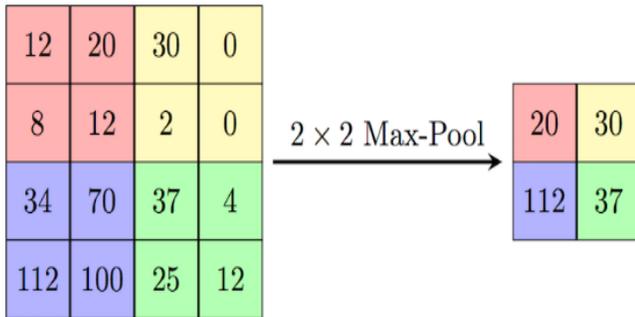
Convolutional Neural Network (CNN/ConvNet) adalah salah satu algoritma dari *deep learning* yang merupakan pengembangan dari *Multi-layer Perceptron* (MLP) yang dirancang untuk mengolah data dalam bentuk dua dimensi, misalnya gambar atau suara [3]. CNN memiliki kemampuan untuk mempelajari fitur secara *unsupervised*, yang membedakan metode ini dengan metode *machine learning* lainnya yang membutuhkan fitur yang sebelumnya harus ditentukan. CNN terdiri dari dua tahapan utama yaitu *feature learning* dan *classification*. Gambar 1 merupakan arsitektur CNN sederhana. Pada tahapan *feature learning* terdiri dari *convolution layer*, *ReLU* (fungsi aktivasi) dan *pooling layer* sedangkan pada tahap *classification* terdiri dari *flatten*, *fully-connected layer*, dan *output*. Pada setiap bagian CNN terdapat dua proses utama, yaitu *feed-forward* dan *backpropagation* [4].



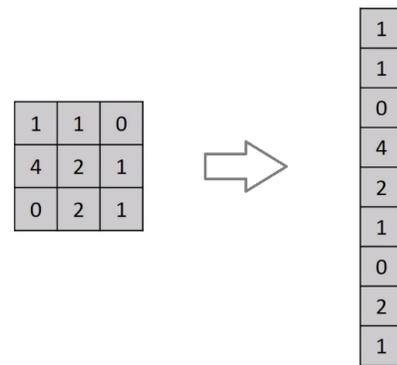
Gambar 2. Operasi Konvolusi



Gambar 4. Dropout Regularization



Gambar 3. Max Pooling



Gambar 5. Flattening

1) Convolution Layer

Convolution Layer melakukan operasi konvolusi pada output dari layer sebelumnya. Layer tersebut adalah proses utama yang mendasari sebuah CNN. Konvolusi adalah suatu istilah matematis yang berarti mengaplikasikan sebuah fungsi pada output fungsi lain secara berulang. Tujuan dilakukannya konvolusi pada data citra adalah untuk mengekstraksi fitur dari citra input. Konvolusi akan menghasilkan transformasi linear dari data input sesuai informasi spasial pada data. Bobot pada layer tersebut memberi spesifikasi kernel konvolusi yang digunakan, sehingga kernel konvolusi dapat dilatih berdasarkan input pada CNN [3]. Contoh operasi konvolusi sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 2.

2) Pooling Layer

Pooling layer adalah lapisan fungsi untuk Feature Maps sebagai masukan dan mengolahnya dengan berbagai operasi statistik berdasarkan nilai piksel terdekat. Pada model CNN, lapisan Pooling biasanya disisipkan secara teratur setelah beberapa lapisan konvolusi. Lapisan pooling yang dimasukkan di antara lapisan konvolusi secara berturut-turut dalam susunan arsitektur model CNN dapat secara progresif mengurangi ukuran volume output pada Feature Maps, sehingga dapat mengurangi jumlah parameter dan perhitungan di jaringan, dan untuk mengendalikan overfitting. Lapisan pooling bekerja di setiap susunan Feature Maps dan mengurangi ukurannya. Bentuk lapisan pooling yang paling umum adalah dengan menggunakan filter berukuran 2 x 2 yang di aplikasikan dengan langkah sebanyak 2 dan kemudian

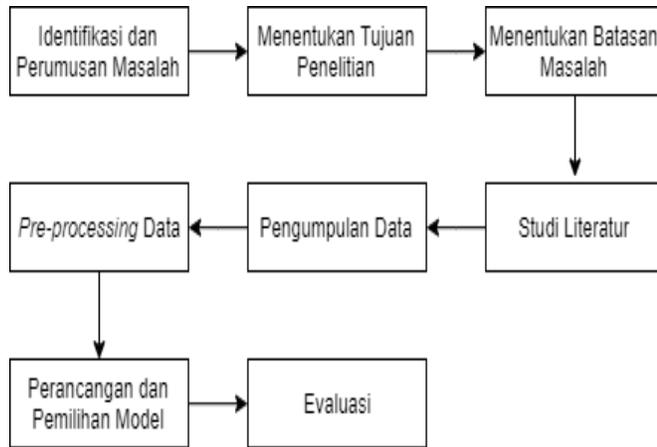
beroperasi pada setiap irisan dari input.[8]. Contoh operasi max pooling sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 3.

3) Aktivasi ReLu

Aktivasi ReLu (Rectified Linear Unit) adalah lapisan aktivasi pada model CNN yang mengaplikasikan fungsi $f(x) = \max(0,x)$ yang artinya fungsi ini melakukan thresholding dengan nilai nol terhadap nilai piksel pada input citra. Maka aktivasi ini menormalisasikan nilai sehingga tidak ada nilai yang di bawah nol [6].

4) Dropout

Dropout adalah teknik regularisasi jaringan syaraf yang mana beberapa neuron akan dipilih secara acak dan tidak dipakai selama pelatihan. Neuron-neuron ini dapat dibuang secara acak. Hal ini berarti bahwa kontribusi neuron yang dibuang akan diberhentikan sementara jaringan dan bobot baru juga tidak diterapkan pada neuron pada saat melakukan backpropagation. Dropout merupakan proses mencegah terjadinya overfitting dan juga mempercepat proses learning. Dropout mengacu kepada menghilangkan neuron yang berupa hidden maupun layer yang visible di dalam jaringan. Dengan menghilangkan suatu neuron, berarti menghilangkannya sementara dari jaringan yang ada. Neuron yang akan dihilangkan akan dipilih secara acak. Setiap neuron



Gambar 6. Alur Tahapan Penelitian

akan diberikan probabilitas yang bernilai antara nol dan satu[9]. Contoh operasi *dropout* sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 4.

5) Flattening

Flattening merupakan operasi yang mengubah matriks menjadi vektor satu dimensi. Proses *flattening* mengubah *feature map* yang telah diperoleh dari layer sebelumnya menjadi vektor satu dimensi agar *feature map* tersebut dapat diklasifikasikan dengan *fully-connected layer* dan *softmax* [4]. Contoh operasi *flattening* sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 5.

6) Fully-connected Layer

Lapisan *fully-connected* merupakan sebuah lapisan yang seluruh neuron aktivasi dari lapisan sebelumnya terhubung dengan neuron pada lapisan selanjutnya seperti halnya jaringan syaraf tiruan biasa. Setiap aktivasi dari lapisan sebelumnya perlu diubah menjadi data satu dimensi sebelum dapat dihubungkan ke semua neuron di lapisan *fully-connected* [6]. Lapisan *fully-connected* biasanya digunakan pada metode *Multilayer Perceptron* dan gunanya untuk mengolah data sehingga dapat diklasifikasikan. Perbedaan antara lapisan *fully-connected* dan lapisan konvolusi biasa yaitu neuron di lapisan konvolusi hanya terhubung ke daerah tertentu pada *input*, sementara lapisan *fully-connected* memiliki neuron yang secara keseluruhan akan terhubung.

7) Aktivasi Softmax

Softmax merupakan fungsi aktivasi yang digunakan pada layer output. Layer output memiliki banyak kesamaan dengan *fully-connected layer*, yang membedakan kedua layer ini adalah penggunaan fungsi aktivasi softmax pada layer output dan fungsi aktivasi ReLU pada *fully-connected layer* [4].

E. Confusion Matrix

Confusion matrix adalah sebuah metode yang digunakan untuk menghitung nilai akurasi pada konsep *data mining*. Evaluasi dengan *confusion matrix* menghasilkan nilai akurasi, presisi, dan *recall*. Nilai akurasi dalam klasifikasi adalah

TABEL I

ALAT DAN BAHAN PENELITIAN

No.	Alat dan Bahan	Keterangan
1	Komputer	Spesifikasi - Prosesor : Intel i5-6600K - Kartu Grafis : NVIDIA GTX 960 - Memori : 8GB DDR4
2	Windows 10	Sistem Operasi
3	Anaconda	Package Management
4	Python 3.7.9	Bahasa pemrograman
5	Tensorflow Keras	Antarmuka pemrograman aplikasi tingkat tinggi untuk <i>machine learning</i> .
6	<i>sklearn</i>	Perpustakaan python yang digunakan untuk membagi dataset dan menguji model.
7	<i>google-image-scraper</i>	Untuk mengumpulkan citra gambar pada <i>google images</i> .

TABEL II

JUMLAH DATA CITRA BURUNG JALAK

No	Jenis Jalak	Latih	Validasi	Uji	Total
1	<i>Lamprotornis superbus</i>	109	22	23	154
2	<i>Leucopsar rothschildi</i>	102	19	21	142
3	<i>Sturnus vulgaris</i>	103	25	23	151
4	<i>Acridotheres tristis</i>	104	24	23	151

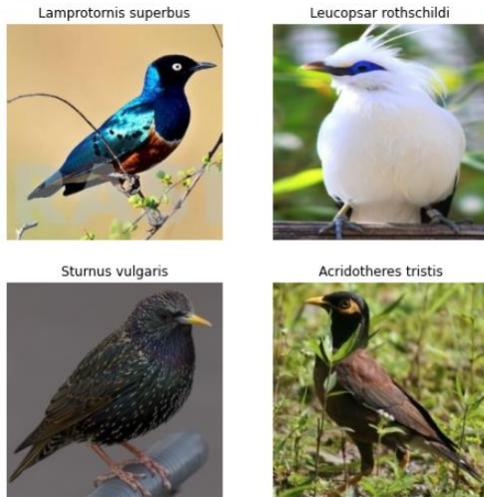
persentase ketepatan *record* data yang diklasifikasikan dengan tepat

setelah dilakukan pengujian pada hasil klasifikasi. Presisi atau *confidence* adalah nilai proporsi dari kasus yang diprediksi positif yang juga positif benar pada data sebenarnya. *Recall* atau *confidence* merupakan proporsi kasus yang diprediksi positif yang sebenarnya diprediksi positif secara tepat[10].

II. METODE PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan mengidentifikasi sebuah masalah yang sedang dialami peneliti dan perumusan masalah tersebut akan diteliti. Adapun masalah yang telah diidentifikasi adalah bagaimana membuat model untuk mengklasifikasikan objek yang cenderung memiliki kemiripan yang tinggi. Untuk menyelesaikan masalah tersebut, dirumuskan untuk membuat model untuk mengklasifikasi jenis burung Jalak dengan menggunakan metode CNN. Selanjutnya, dilakukan tahap studi literatur yang berkaitan dengan klasifikasi citra maupun metode CNN yang didapatkan dalam artikel, jurnal penelitian maupun *paper*. Kemudian, melakukan pengumpulan data berupa citra digital yang dilakukan melalui proses *scrapping* pada *Google Images* sesuai dengan objek penelitian.



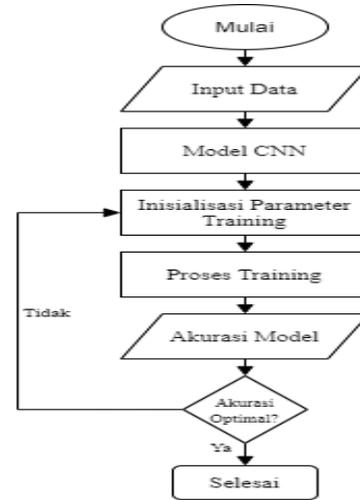
Gambar 7. Sampel data burung jalak



Gambar 8. Cropping



Gambar 9. Resizing



Gambar 10. Diagram Alir Perancangan Model

Selanjutnya, dilakukannya tahap *pre-processing* terhadap data yang berhasil dikumpulkan seperti *cropping* dan *resizing* sehingga data dapat digunakan untuk tahapan selanjutnya, yaitu perancangan dan pemilihan model. Tahapan ini, dilakukan proses perancangan model CNN dan pemilihan model terbaik. Setelah itu, dilakukan evaluasi untuk menguji keakuratan model yang telah dibentuk menggunakan *Confusion Matrix*. Gambar 6 merupakan diagram alur tahapan penelitian.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dimulai pada bulan Mei 2020. Proses penelitian dilakukan di Daerah Kota Manado, Sulawesi Utara.

C. Alat dan Bahan

Alat dan bahan penelitian yang digunakan untuk penelitian kali ini dapat dilihat pada Tabel I.

D. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan citra berwarna yang diambil melalui proses *scrapping* pada Google Images dengan objek utama yaitu citra burung jalak yang digunakan untuk pengklasifikasian jenis burung jalak. Pada penelitian ini data citra yang diambil yaitu dengan menggunakan objek burung jalak bali (*Leucopsar rothschildi*), jalak afrika (*Lamprotornis superbus*), jalak eropa (*Sturnus vulgaris*) dan jalak nias (*Acridotheres tristis*). Gambar merupakan sampel data dari citra jenis burung jalak yang telah diambil dan akan diolah sebagai *dataset* untuk digunakan

dalam penelitian ini. Sampel data burung jalak sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 7.

Dataset yang dikumpulkan akan dibagi dengan persentase 80% untuk data *training*, 10% untuk data *validation* dan 10% untuk data testing, total keseluruhan data yaitu 598 data citra burung jalak. Jumlah data sebagaimana dapat dilihat pada Tabel II

E. Pre-processing Data

Pre-processing merupakan proses yang dilakukan pada data citra yang telah dikumpulkan dari *Google Images* kemudian dibersihkan dari fitur-fitur yang tidak diperlukan sehingga mendapatkan data yang berkualitas untuk tahapan berikutnya.

1) Cropping

Pada tahapan ini tiap data citra burung jalak akan dipotong untuk menghilangkan area-area yang tidak dibutuhkan pada citra, sehingga hanya area yang mengandung objek saja yang akan diolah. Contoh citra yang telah dipotong dapat dilihat sebagaimana pada Gambar 8.

2) Resizing

Pada tahapan ini tiap data citra burung jalak akan diubah ukuran pikselnya dengan panjang dan lebar yang sama ukurannya yaitu 224x224 piksel. Sehingga, setiap data memiliki ukuran yang sama secara merata. Contoh citra

yang telah diubah ukurannya dapat dilihat sebagaimana pada Gambar 9.

F. Normalisasi Data

Dataset yang telah dibagi, selanjutnya data tersebut akan dinormalisasi menggunakan *library* keras yaitu *ImageDataGenerator* selain itu juga memberikan label pada tiap data kemudian. Tahapan ini membuat semua nilai piksel akan dinormalisasi menjadi 0 sampai 1, dengan tujuan mendapatkan hasil *learning* yang lebih baik.

G. Perancangan Model

Pada tahapan ini dilakukan proses merancang sebuah arsitektur model CNN untuk pengklasifikasian citra burung jalak serta mencari model yang memiliki performa terbaik yang nantinya akan digunakan untuk melakukan klasifikasi. Diagram alir untuk tahap perancangan model dapat dilihat pada Gambar 9.

H. Teknik Evaluasi

Untuk mengukur tingkat akurasi model CNN dalam mengklasifikasikan citra burung jalak, maka akan dihitung seberapa banyak jumlah jenis burung jalak yang terprediksi dengan benar dari keseluruhan data citra yang akan diuji.

Terdapat beberapa parameter yang digunakan yang mengacu dalam proses pengukuran kinerja sebuah model dengan menggunakan metode *confusion matrix*.

1) True Positive (TP)

True Positive merupakan keadaan yang mana model memprediksi data ada pada kelas positif dan data aktual juga ada pada kelas positif.

2) False Positive (FP)

False Positive merupakan keadaan yang mana model memprediksi data ada pada kelas positif tetapi data aktual ada pada kelas negatif.

3) False Negative

False Negative merupakan keadaan yang mana model memprediksi data ada pada kelas negatif tetapi data aktual ada pada kelas positif.

4) Accuracy

Accuracy dihitung sebagai rasio jumlah klasifikasi yang benar dengan jumlah total klasifikasi. Klasifikasi yang benar merupakan *True Positive* untuk setiap jenis atau kelas. Penulisan matematis *accuracy* sebagaimana dapat dilihat pada persamaan (1).

$$accuracy = \frac{TP}{\text{Total Keseluruhan Data}} \quad (1)$$

5) Precision

Precision merupakan nilai akurasi yang relatif terhadap prediksi kelas tertentu. Penulisan matematis *precision* sebagaimana dapat dilihat pada persamaan (2).

$$precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

6) Recall

Recall menggambarkan keberhasilan model dalam menemukan kembali sebuah informasi. Maka, *recall* merupakan rasio prediksi benar positif dibandingkan dengan keseluruhan data yang benar positif. Penulisan matematis *recall* sebagaimana dapat dilihat pada persamaan (3).

$$recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Perancangan Model

Sebelum kepada tahap pengklasifikasian, harus didapatkan terlebih dahulu model *Convolutional Neural Network* atau CNN dengan melakukan *training* terhadap *dataset* yang telah dibuat sebelumnya. Proses *training* bertujuan untuk menjadi bahan pembelajaran pada model sehingga model dapat melakukan klasifikasi yang lebih baik.

Dataset yang telah dinormalisasi, selanjutnya *dataset* akan digunakan untuk melakukan proses perancangan model. Data *training* akan digunakan sebagai *input* pada layer konvolusi pertama. Dalam proses *training Convolutional Neural Network* digunakan *library* Keras dengan menggunakan *Sequential* sebagai pembangun modelnya. Model yang telah dirancang menggunakan empat lapisan konvolusi. Gambar 11 merupakan struktur dari model CNN yang telah dirancang.

```

Model: "sequential"
-----
Layer (type)                Output Shape              Param #
-----
conv2d (Conv2D)              (None, 222, 222, 32)     896
-----
max_pooling2d (MaxPooling2D) (None, 111, 111, 32)     0
-----
conv2d_1 (Conv2D)            (None, 109, 109, 32)     9248
-----
max_pooling2d_1 (MaxPooling2 (None, 54, 54, 32)       0
-----
conv2d_2 (Conv2D)            (None, 52, 52, 64)       18496
-----
max_pooling2d_2 (MaxPooling2 (None, 26, 26, 64)       0
-----
conv2d_3 (Conv2D)            (None, 24, 24, 64)       36928
-----
max_pooling2d_3 (MaxPooling2 (None, 12, 12, 64)       0
-----
flatten (Flatten)            (None, 9216)              0
-----
dense (Dense)                 (None, 128)               1179776
-----
activation (Activation)       (None, 128)               0
-----
dropout (Dropout)            (None, 128)               0
-----
dense_1 (Dense)               (None, 4)                 516
-----
activation_1 (Activation)     (None, 4)                 0
-----
Total params: 1,245,860
Trainable params: 1,245,860
Non-trainable params: 0

```

Gambar 11. Struktur Model CNN

TABEL III
PENGUJIAN PARAMETER *LEARNING RATE*

Learning rate.	Data Training		Data Validation	
	Accuracy(%)	Loss	Accuracy(%)	Loss
0.1	22.9%	1.390	31.2%	1.383
0.01	22.6%	1.387	31.2%	1.384
0.001	98.5%	0.104	93.4%	0.438
0.0001	99.3%	0.016	95.3%	0.121
0.00001	89.9%	0.358	92.1%	0.480

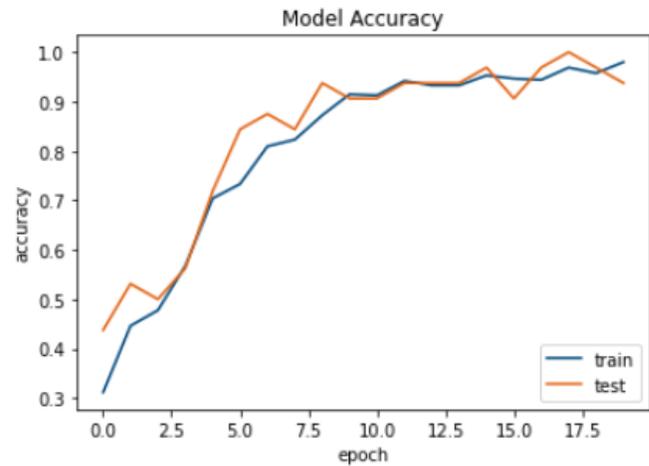
TABEL IV
CONFUSION MATRIX

		Prediksi			
		Jalak Afrika	Jalak Bali	Jalak Eropa	Jalak Nias
Aktual	Jalak Afrika	22	0	1	0
	Jalak Bali	0	21	0	0
	Jalak Eropa	0	0	22	1
	Jalak Nias	0	0	3	20

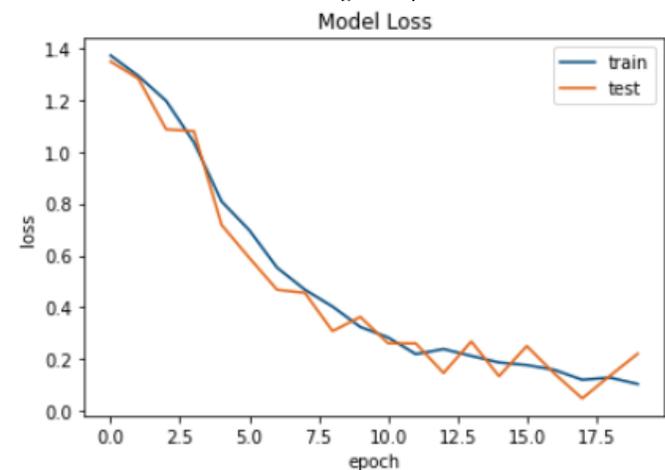
TABEL V
PERFORMA MODEL

Performa	Hasil
<i>Accuracy</i>	94%
<i>Precision</i>	95%
<i>Recall</i>	95%

Pada lapisan pertama, data *training* yang telah dibagi digunakan menjadi data masukan yang kemudian akan dilakukan proses konvolusi pertama dengan menggunakan *max pooling* dan fungsi aktivasi *ReLU*. Keluaran pada lapisan konvolusi pertama akan dijadikan sebagai input pada proses konvolusi kedua. Proses konvolusi tersebut akan berlanjut sampai dengan konvolusi keempat. Kemudian hasil dari proses konvolusi akan dilakukan proses *flattening* yang mana akan dijadikan vektor satu baris. Kemudian hasil dari proses sebelumnya akan diterima pada lapisan *fully-connected* dengan aktivasi *ReLU* sehingga tiap neuron pada lapisan akan terhubung secara menyeluruh. Kemudian, neuron-neuron yang tidak terpakai akan dibuang pada lapisan *dropout regularization* agar dapat mengatasi *overfitting*. Hasil dari semua proses yang telah dilakukan akan dikumpulkan pada lapisan *fully-connected* terakhir, pada lapisan ini ditentukan



Gambar 12. Grafik *learning curve* pada akurasi model



Gambar 13. Grafik *learning curve* pada loss model

fitur yang memiliki hubungan dengan kelas tertentu sehingga hasil akhir dari proses ini adalah fitur yang terklasifikasi dalam empat kelas

B. Pemilihan Model

Setelah model telah dirancang, akan dilakukannya proses *training*, proses *training* akan menggunakan 80% dari keseluruhan data sebagai data train. Dalam pemilihan model terbaik, akan dilakukan pengujian parameter yang berbeda saat melakukan proses *training* menggunakan *learning rate* untuk diketahuinya parameter yang memiliki performa terbaik. Proses *training* ini dilakukan dengan menggunakan data *validation* sebagai penguji jaringan-jaringan CNN selain itu juga dapat membantu menurunkan *overfitting* pada model. Hasil dari tahapan pengujian menggunakan parameter *learning rate* sebagaimana dapat dilihat pada Tabel III.

Setelah dilakukan pengujian *learning rate* pada *optimizer* ADAM pada rentang 0.1 sampai 0.00001. Didapatkan hasil terbaik pada jumlah *learning rate* 0.0001 yang menghasilkan nilai akurasi pada data *validation* paling tinggi sebesar 96.9% dan nilai loss paling rendah yaitu 0.113.

Dengan didapatkannya parameter terbaik dari hasil pengujian menggunakan data *validation*, selanjutnya

dilakukan proses *training* model CNN menggunakan parameter terbaik yang telah diuji sebelumnya. Proses *training* model menggunakan jumlah *epoch* sebanyak 30. Berdasarkan grafik pada Gambar 12, dapat dilihat bahwa data *validation* mengalami peningkatan akurasi yang cukup stabil dengan tingkat akurasi sebesar 95.3% pada *epoch* ke-30 dan data *training* mencapai nilai 99.3% pada *epoch* ke-30. Pada Gambar 13, nilai *loss* pada data *validation* mencapai 0.121 pada *epoch* ke-30 dan *loss* pada data *training* mencapai nilai 0.016 pada *epoch* ke-30 yang menandakan model yang telah dirancang memiliki tingkat prediksi yang tinggi.

C. Evaluasi

Untuk mengukur tingkat akurasi model CNN dalam mengklasifikasikan citra burung jalak, maka akan dihitung seberapa banyak jumlah jenis burung jalak yang terprediksi dengan benar dari keseluruhan data citra yang akan diuji. Selanjutnya, dilakukan pengujian kinerja model CNN untuk melakukan klasifikasi pada kategori jenis burung jalak yaitu jenis burung jalak bali (*Leucopsar rothschildi*), jalak afrika (*Lamprotornis superbus*), jalak eropa (*Sturnus vulgaris*) dan jalak nias (*Acridotheres tristis*) dengan cara melakukan evaluasi dan prediksi menggunakan data testing untuk diketahui keakuratannya. Proses evaluasi tingkat keakuratan model CNN akan digambarkan dalam bentuk tabel confusion matrix sebagaimana dapat dilihat pada Tabel IV. Dengan hasil uji klasifikasi yang didapatkan, maka nilai dari tingkat keakuratan model, *precision* dan *recall* dalam mengklasifikasikan keseluruhan sampel data sebagaimana dapat dilihat pada Tabel V.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka diambil kesimpulan bahwa metode *Convolutional Neural Network* dapat melakukan klasifikasi terhadap objek yang memiliki tingkat kemiripan yang tinggi. Pada penelitian ini nilai *learning rate* 0.0001 pada proses latih model mendapatkan *accuracy* sebesar 95.3% pada data validasi. Augmentasi data juga dapat meningkatkan *accuracy* pada model len. Pengujian terhadap keakuratan model untuk mengklasifikasikan citra jenis burung Jalak yaitu dengan akurasi sebesar 94% akurat.

B. Saran

Saran yang ingin disampaikan untuk penelitian lanjutan, dapat menggunakan citra dengan objek yang berbeda sebagai *dataset* dalam pengembangan penelitian yang berkaitan dengan klasifikasi menggunakan *Convolutional Neural Network* atau algoritma lain yang mungkin dapat membantu permasalahan visi komputer lainnya.

V. KUTIPAN

- [1] J. Deng, W. Dong, R. Socher, L.-J. Li, K. Li, and L. Fei-Fei, "ImageNet: A Large-Scale Hierarchical Image Database."
- [2] A. Deshpande, "A Beginner's Guide To Understanding Convolutional Neural Networks Part 1," [https://adeshpande3.github.io/adeshpande3.github.io/A-](https://adeshpande3.github.io/adeshpande3.github.io/A-Beginner%27s-Guide-To-Understanding-Convolutional-Neural-Networks/)

- [Beginner%27s-Guide-To-Understanding-Convolutional-Neural-Networks/](https://adeshpande3.github.io/A-Beginner%27s-Guide-To-Understanding-Convolutional-Neural-Networks/), 2016. <https://adeshpande3.github.io/A-Beginner%27s-Guide-To-Understanding-Convolutional-Neural-Networks/> (diakses Jun. 20, 2020).
- [3] W. S. Eka Putra, "Klasifikasi Citra Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) pada Caltech 101," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 1, 2016, doi: 10.12962/j23373539.v5i1.15696.
- [4] Y. Achmad, R. C. Wihandika, and C. Dewi, "Klasifikasi emosi berdasarkan ciri wajah wenggunakan convolutional neural network," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 11, pp. 10595–10604, 2019.
- [5] I. Wulandari, H. Yasin, and T. Widiari, "Klasifikasi Citra Digital Bumbu Dan Rempah Dengan Algoritma Convolutional Neural Network (Cnn)," *J. Gaussian*, vol. 9, no. 3, pp. 273–282, 2020, doi: 10.14710/j.gauss.v9i3.27416.
- [6] S. Ilahiyah and A. Nilogiri, "Implementasi Deep Learning Pada Identifikasi Jenis Tumbuhan Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Convolutional Neural Network," *JUSTINDO (Jurnal Sist. dan Teknol. Inf. Indones.)*, vol. 3, no. 2, pp. 49–56, 2018.
- [7] T. Sutoyo, E. Mulyanto, V. Suhartono, Nurhayati, and Wijanarto, *Teori Pengolahan Citra Digital*, vol. 1, no. 1. Yogyakarta: Andi, 2009.
- [8] O. N. Putri, "Implementasi metode cnn dalam klasifikasi gambar jamur pada analisis image processing," 2020.
- [9] A. Peryanto, A. Yudhana, and R. Umar, "Klasifikasi Citra Menggunakan Convolutional Neural Network dan K Fold Cross Validation," *J. Appl. Informatics Comput.*, vol. 4, no. 1, pp. 45–51, 2020, doi: 10.30871/jaic.v4i1.2017.
- [10] P. Mayadewi and E. Rosely, "Prediksi Nilai Proyek Akhir Mahasiswa Menggunakan Algoritma Klasifikasi Data Mining," *Semin. Nas. Sist. Inf. Indones.*, no. November, pp. 329–334, 2015.

TENTANG PENULIS



Penulis bernama lengkap Eduardo Christianto yang merupakan anak kedua dari pasangan Sigit Saptono dan Sri Yani, lahir di Manado pada tanggal 17 Mei 1999. Penulis mulai menempuh pendidikan dasar di Sekolah Dasar Katolik 4 Don Bosco Bitung (2005-2010), kemudian melanjutkan Pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 1 Bitung(2010-2013), selanjutnya penulis melanjutkan Pendidikan menengah SMA Negeri 2 Manado (2013-2016). Pada tahun 2016 penulis melanjutkan Pendidikan ke perguruan tinggi Universitas Sam Ratulangi Manado dengan mengambil Program Studi S1 Teknik Informatika, Jurusan Elektro, Fakultas Teknik dan pada tahun 2021 berhasil meraih gelar Sarjana Komputer (S.Kom).