

Implementasi Algoritma *Convolutional Neural Network* Dalam Mengklasifikasi Kesegaran Buah Berdasarkan Citra Buah

Femil Paraijun¹; Rosida Nur Aziza²; Dwina Kuswardani³

^{1, 2, 3} Institut Teknologi PLN

Menara PLN, Jl. Lkr. Luar Barat, RT.1/RW.1, Duri Kosambi, Kecamatan Cengkareng, Kota
Jakarta Barat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 11750

¹ femil1731316@itpln.ac.id

ABSTRACT

The development of Information Technology today, which continues to grow, can help overcome various problems because matters relating to the advancement of Information Technology have spread to almost all levels of Indonesian society. Along with the development of Information Technology, it is also marked by Artificial Intelligence which can simulate human intelligence and help handle tasks in the real world. By utilizing Information Technology, one of them can be used in terms of the classification of fruit freshness. Where this classification will be very useful and help farmers and fruit consumers. This study describes the use of the Convolutional Neural Network to classify the freshness of the following fruits: apples, oranges, and bananas. And also using six classes, namely fresh apples, fresh oranges, fresh bananas, unfresh apples, unfresh oranges, and unfresh bananas. The first thing to do is Convolutional Neuronal Network training using an image dataset as input using data sources from Kaggle.com, published by "Student at Stony Brook University, New York, United States". To determine the performance of the various models produced, the following Confusion Matrix is used: accuracy, precision, and recall. The best average obtained is 93%.

Keywords: *Convolutional Neural Network, fruit freshness, Confusion Matrix*

ABSTRAK

Perkembangan Teknologi Informasi pada masa kini yang terus berkembang, dapat membantu mengatasi berbagai permasalahan karena hal-hal yang berkaitan dengan kemajuan Teknologi Informasi telah tersebar ke hampir seluruh lapisan masyarakat Indonesia. Seiring perkembangan Teknologi Informasi juga ditandai dengan Artificial Intelligence yang dapat mensimulasikan kecerdasan manusia dan membantu menangani tugas – tugas di dunia nyata. Dengan memanfaatkan Teknologi Informasi salah satunya dapat digunakan dalam hal klasifikasi kesegaran buah. Dimana pengklasifikasian ini akan sangat bermanfaat dan membantu petani juga konsumen buah. Penelitian ini menjelaskan penggunaan Convolutional Neural Network untuk klasifikasi kesegaran buah-buahan berikut : apel, jeruk, dan pisang. Dan juga menggunakan enam kelas yaitu apel segar, jeruk segar, pisang segar, apel tidak segar, jeruk tidak segar, dan pisang tidak segar. Pertama yang dilakukan yaitu pelatihan Convolutional Neuronal Network dengan menggunakan dataset image sebagai input dengan menggunakan sumber data dari Kaggle.com, yang diterbitkan oleh "Student at Stony Brook University, New York, United States". Untuk mengetahui kinerja berbagai model yang dihasilkan, menggunakan Confusion Matrix berikut : accuracy, precision, dan recall. Rata – rata terbaik yang diperoleh adalah 93%.

Kata kunci: *Convolutional Neural Network, kesegaran buah, Confusion Matrix*

1. PENDAHULUAN

Artificial Intelligence (AI) terutama teknologi machine learning, telah menarik perhatian besar dalam beberapa tahun terakhir dengan bertujuan untuk memungkinkan komputer untuk mensimulasikan kecerdasan manusia dan membantu menangani tugas – tugas di dunia nyata [1].

Proses pembelajaran khusus dan terperinci yang dikenal sebagai Deep Learning. Deep Learning merupakan proses pembelajaran yang menggunakan algoritma yang merujuk pada hukum matematika yang bekerja seperti otak. Deep Learning digunakan untuk berbagai macam pekerjaan seperti memprediksi peluang atau peristiwa, mengenali benda atau objek, dan juga dapat mendiagnosis penyakit [2].

Deep learning memiliki beberapa metode salah satunya *Convolutional Neural Network* (CNN). *Convolutional Neural Network* dapat digunakan atau di implementasikan untuk pengenalan citra dengan akurasi yang menyaingi manusia pada suatu dataset tertentu dan *Convolutional Neural Network* dapat mempelajari jenis fitur yang menghasilkan akurasi yang lebih tinggi dan karenanya menggunakannya dalam proses klasifikasi [3-6].

Perkembangan Teknologi Informasi pada masa kini yang terus berkembang, dapat membantu mengatasi berbagai permasalahan. karena hal-hal yang berkaitan dengan kemajuan Teknologi Informasi telah tersebar ke hampir seluruh lapisan masyarakat Indonesia. Salah satunya dapat digunakan dalam hal klasifikasi kesegaran buah. Dimana salah satu permasalahannya yaitu dalam mengklasifikasi kesegaran buah, distributor buah membutuhkan sistem yang dapat mengklasifikasikan kesegaran buah dengan jumlah buah yang banyak dan membutuhkan waktu yang cepat. Di Indonesia sendiri kualitas buah nasional dilihat dari sisi konsistensi ukuran, kematangan petik, warna, rasa dan kesegaran masih jauh dari harapan konsumen karena banyaknya buah yang tak dapat diklasifikasi kesegarannya secara keseluruhan [7]. Penggunaan teknologi pengenalan buah dan klasifikasi kesegarannya sangat berguna untuk mengetahui buah mana yang baik dan segar atau tidak segar, buah mana yang baik untuk kesehatan kita atau buruk dikarenakan buah yang sudah tidak layak dimakan. Buah selalu menempati tempat penting dalam nutrisi manusia, dan buah memiliki jumlah pasokan dan perolehan produk yang mudah. Begitu pula proses pemilihan buah yang baik mulai dari matang dan segar untuk dikonsumsi.

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan algoritma *Convolutional Neural Network* dalam klasifikasi kesegaran buah yang direpresentasikan dalam suatu gambar, dan untuk membuktikan tingkat keberhasilan metode *Convolutional Neural Network* dalam melakukan klasifikasi objek. Penelitian yang dilakukan dapat juga bertujuan untuk memudahkan distributor buah seperti ekspor & impor dimana mengharuskannya untuk memeriksa kesegaran buah dalam jumlah yang besar untuk mengetahui kesegaran buah apakah buah itu segar atau tidak.

2. METODE / PERANCANGAN PENELITIAN

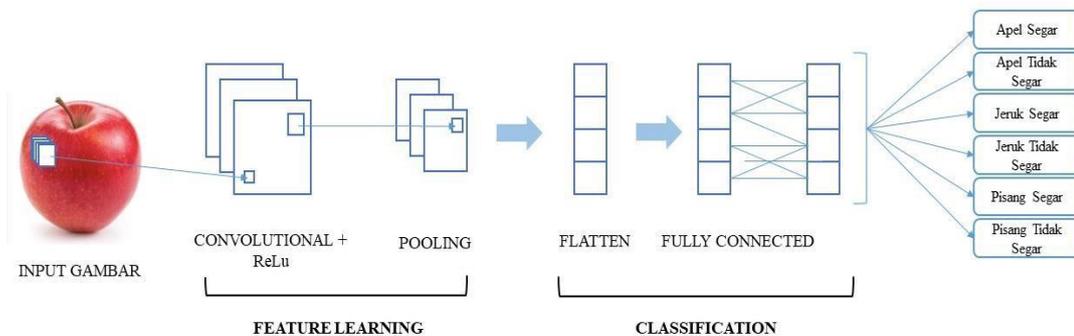
Sebelum data dianalisis perlu dilakukan preproccesing data, yang bertujuan untuk melihat karakteristik data. Karakteristik data merupakan gambaran umum bagaimana komputer membaca sebuah gambar menjadi array yang bermakna untuk proses selanjutnya seperti adanya efek spasial dalam data gambar. Untuk melakukan penelitian kali ini yang pertama harus dilakukan adalah pengumpulan dataset sebagai data latih, data valid, dan data uji. Kemudian ekstraksi ciri dilakukan pada masing-masing citra latih, citra valid, dan citra uji.

Convolutional Neural Network (CNN) adalah pengembangan dari *Multilayer Perceptron* (MLP) yang didesain untuk mengolah data dua dimensi. CNN termasuk dalam jenis *Deep Neural Network* karena kedalaman jaringan yang tinggi dan banyak diaplikasikan pada data citra. Pada kasus klasifikasi citra, MLP kurang sensual untuk digunakan karena tidak menyimpan informasi spasial

dari data citra dan menganggap setiap piksel adalah fitur yang independen sehingga menghasilkan hasil yang kurang baik [8].

2.1. Pemodelan Sistem Convolutional Neural Network

Untuk proses pemodelan sistem identifikasi jenis buah dengan memanfaatkan citra buah.



Gambar 1. Pemodelan Sistem CNN

Pada pemodelan sistem dalam penelitian ini pertama dimulai dari akuisisi citra objek yaitu dapat menggunakan dataset maupun mengambil gambar buah menggunakan kamera. Kemudian, inputan pertama menggunakan citra tersebut dalam tahapan *Convolutional Neural Network* (CNN). Input data yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah – buahan dengan kategori segar dan tidak segar. Jenis buah tersebut yaitu apel, jeruk, dan pisang.

Untuk ukuran gambar sampel adalah 7 x 7 piksel. Perlu dilakukan proses pembelajaran dengan menggunakan data training atau data latih yang selanjutnya akan dievaluasi. Apabila hasil akurasi pada proses training belum baik, maka perlu dilakukan perubahan pada parameter, sampel data, dan lapisan CNN tersebut. Lalu jika hasil akurasi sudah baik, maka akan dilakukan proses pengujian dengan data validasi. Jika hasil akurasi dari data validasi kurang baik, maka kemungkinan terjadi overfitting, karena overfitting dapat menyebabkan penurunan akurasi pada model.

Oleh karena itu perlu dilakukan modifikasi lagi agar hasil akurasi dapat menjadi lebih baik. Dan jika akurasi sudah lebih baik, maka dapat digunakan untuk memproses data testing untuk nantinya bisa diketahui jenis klasifikasinya.

2.2. Proses Convolutional Neural Network

Untuk tahapan – tahapan yang dilakukan pada proses *Convolutional Neural Network* antara lain sebagai berikut.

1. Akuisisi Citra

Akuisisi citra buah merupakan foto buah yang telah di akuisisi sebelumnya menggunakan kamera handphone dan dipindahkan ke device komputer atau dataset yang sudah ada di laptop sebagai inputan untuk sistem.

2. Nilai RGB Citra Buah

Sebelum masuk ke perhitungan CNN, dilakukan pengubahan format bentuk gambar menjadi angka dengan melihat setiap piksel dalam nilai RGB nya.

3. Feature Learning

Layer – layer dalam *Feature Learning* berfungsi untuk mentranslasikan suatu input menjadi menjadi *features* berdasarkan ciri dari *input* tersebut yang berbentuk angka-angka dalam vektor.

a) *Convolutional Layer*

Pada layer ini akan menghitung output dari neuron yang terhubung ke daerah lokal dalam input, titik antara bobot-bobotnya dan wilayah kecil yang terhubung ke dalam volume input masing – masing akan dihitung. Pada tiap lapisan terdapat parameter yang dapat diubah, yaitu ukuran filter, *stride*, dan *padding*.

Stride yaitu parameter yang menentukan berapa jumlah pergeseran filter. Jika *stride* semakin kecil, kemungkinan akan semakin banyak informasi yang di dapat dari sebuah input, tetapi membutuhkan komputasi yang lebih jika dibandingkan dengan *stride* yang besar [9]. *Padding* merupakan lapisan tambahan yang dapat ditambahkan ke batas gambar, yaitu dengan menambah ukuran piksel dengan nilai tertentu disekitar data input agar hasil bidang *receptive* tidak terlalu kecil sehingga tidak banyak informasi yang hilang. Nilai ini biasanya nol sehingga disebut dengan *zero padding*. Proses konvolusi ini menghasilkan *output* yang akan digunakan sebagai input untuk lapisan konvolusi selanjutnya [10].

b) Fungsi Aktivasi *Rectified Linear Unit* (ReLU)

ReLU merupakan operasi untuk mengenalkan non – linearitas dan meningkatkan representasi dan model. Fungsi aktivasi ReLU akan menghilangkan vanishing gradient dengan cara menerapkan fungsi $f(x) = \max(0, x)$ atau aktivasi elemen akan dilakukan saat berada di ambang batas 0 [11].

c) *Pooling Layer*

Pooling layer merupakan lapisan yang mengurangi dimensi *feature map* yang dapat mempercepat komputasi karena parameter yang harus di update semakin sedikit dan juga dapat mengatasi *overfitting*. Nilai yang diambil pada *pooling* adalah *max pooling* yaitu nilai tertinggi pada area filter tersebut [9].

4. Klasifikasi

Pada lapisan ini berguna untuk mengklasifikasikan yang telah diekstraksi fitur sebelumnya.

a) *Flatten*

Membentuk ulang fitur (reshape feature map) menjadi sebuah vector agar bisa kita gunakan sebagai input dari *fully-connected layer*.

b) *Fully Connected Layer*

Lapisan ini yaitu lapisan yang terhubung sepenuhnya. *Feature map* yang dihasilkan masih berbentuk filter matriks, sehingga harus melakukan *flatten* agar bisa digunakan sebagai masukan dari *fully connected layer*. Pada lapisan ini memiliki setiap neuron yang akan terhubung ke semua angka dan volume [12].

c) *Backpropagation Neural Network*

Hasil yang didapat dari *fully connected layer* akan digunakan sebagai masukan pada proses *neural network*. *Backpropagation* merupakan algoritma pembelajaran yang terawasi dan biasanya digunakan oleh perceptron dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot- bobot yang terhubung dengan neuron-neuron yang ada pada lapisan tersembunyinya [13]. *Backpropagation neural network* berguna untuk mengolah data dan menghitung nilai kesalahannya agar nantinya dapat diklasifikasikan.

d) *Softmax*

Fungsi aktivasi *softmax* digunakan untuk mendapatkan hasil klasifikasi. Fungsi *softmax* yaitu menghitung probabilitas dari setiap kelas target atas semua kelas target yang memungkinkan dan akan membantu untuk menentukan kelas target untuk *input* yang diberikan [2].

2.3. Klasifikasi Data Uji

Dari hasil pemodelan dengan optimasi terbaik, kemudian dilakukan pengujian untuk mengklasifikasikan data *test* yang juga merupakan citra buah. Hasil dari klasifikasi dapat dilihat melalui *confusion matrix* dan akurasi yang didapat dari penerapan metode *Convolutional Neural Network*. *Confusion matrix* adalah matrix yang merepresentasikan hasil klasifikasi pada suatu dataset [14]. *Confusion Matrix* dibuat dalam berbentuk tabel. Tabel ini sering digunakan untuk menggambarkan performance dari sebuah model klasifikasi. Tabel ini terdiri dari baris dan kolom sebanyak jumlah kelas yang menunjukkan nilai *false positives* (FP) yang merupakan data negatif namun terdeteksi sebagai data positif, *false negatives* (FN) merupakan data positif yang terdeteksi sebagai data negatif, *true positives* (TP) merupakan data positif yang terdeteksi benar, and *true negatives* (TN) merupakan jumlah data negatif yang terdeteksi benar [15] Adapun persamaan dari perhitungan akurasi, *confusion matrix* yaitu sebagai berikut.

$$accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (1)$$

Kemudian untuk pengukuran nilai *precision* menggunakan persamaan sebagai berikut. Presisi secara intuitif adalah kemampuan classifier untuk tidak memberi label positif sebagai sampel yang negatif.

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

Selanjutnya untuk pengukuran nilai *recall* menggunakan persamaan sebagai berikut. Penarikan secara intuitif adalah kemampuan *classifier* untuk menemukan semua sampel positif.

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

Kemudian untuk pengukuran nilai F1 Score menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$F1\ Score = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (4)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan dari penelitian ini adalah sebuah sistem pengujian klasifikasi kesegaran buah menggunakan algoritma CNN melalui beberapa tahap, sebagai berikut.

1. Preprocessing Data

Jumlah data yang diproses adalah 13599 citra buah. Dari 13599 citra buah dibagi menjadi 80% *training set*, 10% *validation set*, dan 10% *testing set*. Data – data gambar yang telah dikumpulkan akan dilakukan *pre-processing*. Disini merupakan tahap pembagian data. Tahap preprocessing data sendiri meliputi pemisahan data menjadi data *training*, data validasi, dan data *test* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Partisi Data

Bagian	Jumlah Data	Kondisi	Jumlah
Data <i>training</i>	10879	Apel Segar	1813
		Apel Tidak Segar	1813
		Jeruk Segar	1814
		Jeruk Tidak Segar	1813
		Pisang Segar	1813
		Pisang Tidak Segar	1813
Data validasi	1360	Apel Segar	226
		Apel Tidak Segar	227
		Jeruk Segar	227
		Jeruk Tidak Segar	226
		Pisang Segar	227
		Pisang Tidak Segar	227
Data <i>test</i>	1360	Apel Segar	227
		Apel Tidak Segar	227
		Jeruk Segar	227
		Jeruk Tidak Segar	227
		Pisang Segar	226
		Pisang Tidak Segar	226

2. Pemodelan *Convolutional Neural Network*

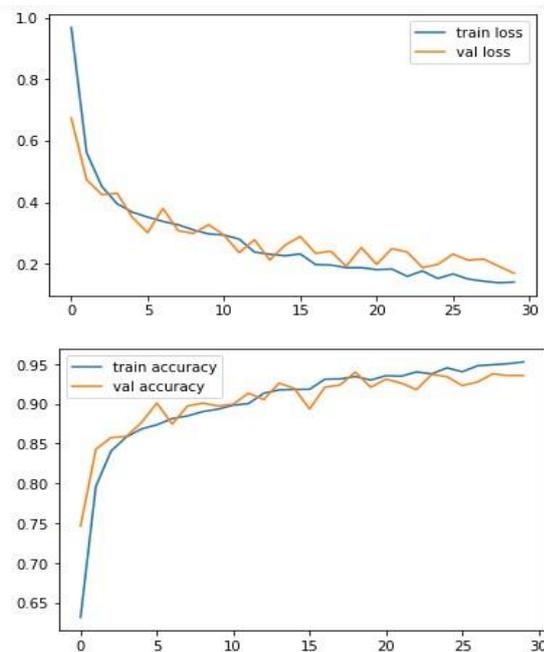
Pembangunan model *Convolutional Neural Network* terdiri dari beberapa tahap pengulangan antara lapisan konvolusi dan lapisan pooling yang diakhiri dengan lapisan *fully connected*. Gambar 1 menjelaskan bahwa model dibangun dari empat kali perulangan lapisan konvolusi dan *pooling* sebelum diakhiri dengan lapisan *fully connected*. Berdasarkan output diatas didapatkan parameter total 756.038, parameter yang dilatih 756.038 serta tidak ada parameter yang tidak dilatih.

Layer (type)	Output Shape	Param #
conv2d (Conv2D)	(None, 64, 64, 32)	1568
max_pooling2d (MaxPooling2D)	(None, 63, 63, 32)	0
conv2d_1 (Conv2D)	(None, 63, 63, 32)	16416
max_pooling2d_1 (MaxPooling2D)	(None, 62, 62, 32)	0
flatten (Flatten)	(None, 123008)	0
dense (Dense)	(None, 6)	738054
Total params: 756,038		
Trainable params: 756,038		
Non-trainable params: 0		

Gambar 1. Pembangunan Model CNN

3. Grafik Pembuatan Model CNN

Tahapan selanjutnya adalah pengaplikasian model yang dibentuk ke dalam data *training* serta data validasi dengan beberapa pemilihan banyaknya *epochs* pada saat mulai konvergen. Setiap *epochs* berjalan melalui 340 langkah. Gambar 2 menunjukkan tingkat akurasi dan *loss function* data *training* dan validasi dari perjalanan *epochs* pertama hingga *epochs* terakhir.

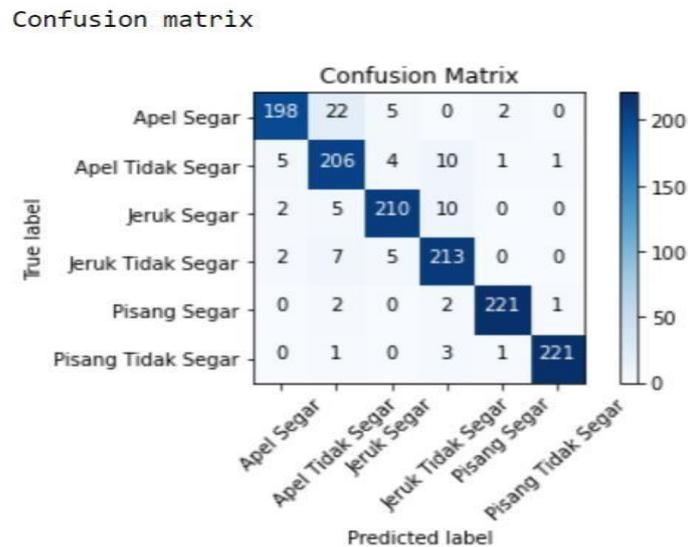


Gambar 2. Grafik Pergerakan *epoch*

Dari grafik pada gambar 2 diatas menunjukkan bahwa akurasi dari model cenderung naik dan *loss function* cenderung menurun untuk data *training*, sedangkan untuk data validasi, akurasi dari model cenderung turun dan *loss function* cenderung naik.

4. Klasifikasi

Model yang telah diperoleh kemudian di uji ke dalam data *test*. Proses pengujian pada penelitian ini menggunakan evaluasi kinerja yaitu metode *Confusion Matrix*. Gambar 3 menjelaskan bahwa model yang telah dibangun terdapat 91 data yang salah klasifikasi saat proses testing.



Gambar 3. *Confusion Matrix*

Dari gambar 3 diatas, didapatkan rata – rata dari data sebanyak 1360 gambar dengan enam kelas adalah nilai *accuracy* sebesar 93,3%, lalu nilai *precision* sebesar 93,5%, nilai *recall* sebesar 93,31%, dan yang terakhir nilai *f1-score* sebesar 93,34%.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam proses klasifikasi kesegaran buah berdasarkan citra, buah digunakan sebagai objek penelitian penulis. Buah yang digunakan adalah buah yang segar dan buah yang tidak segar. Kesegaran buah tersebut dapat dinilai dari warna, tekstur, dan bentuk buah tersebut. Proses yang dilalui untuk mendapatkan hasil akhir yaitu berupa klasifikasi, menggunakan nilai RGB dari citra buah yang akan digunakan sebagai inputan konvolusi berupa bentuk filter matriks, lalu hasil filter matriks tersebut dihitung *max pooling* nya. Setelah mendapat nilai *pooling*, filter matriks tersebut dijadikan *flatten* untuk digunakan ke *fully connected layer*. *Fully connected layer* ini akan digunakan sebagai inputan untuk *neural network* yang nantinya hasil akhir atau output an nya yaitu berupa klasifikasi kesegaran buah. Di dapatkan hasil pengujian menggunakan metode *Confusion Matrix* dengan diperoleh nilai *accuracy* sebesar 93,3%, nilai *precision* sebesar 93,5%, nilai *recall* sebesar 93,31%, dan nilai *f1-score* sebesar 93,34%. Diharapkan aplikasi ini dapat dikembangkan menjadi aplikasi web yang besar dan nantinya dapat mendeteksi berbagai jenis buah untuk dideteksi kesegarannya. Selain itu dapat menggunakan metode lain untuk membandingkan metode mana yang lebih optimal dan lebih besar akurasi nya dalam proses klasifikasi kesegaran buah berdasarkan citra.

Untuk pengembangan, aplikasi ini diharapkan tidak hanya menampilkan hasil klasifikasi dan visualisasi melainkan dapat mendukung terlaksananya kemajuan di bidang pertanian maupun teknologi pangan melalui bidang *computer vision*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Bai, L. Huang, X. Pan, J. Zheng, and S. Chen, "Optimization of deep convolutional neural network for large scale image retrieval," *Neurocomputing*, vol. 303, pp. 60–67, 2018, doi: 10.1016/j.neucom.2018.04.034.
- [2] S. Khan, H. Rahmani, S. A. A. Shah, and M. Bennamoun, "A Guide to Convolutional Neural Networks for Computer Vision," *Synth. Lect. Comput. Vis.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–207, 2018, doi: 10.2200/s00822ed1v01y201712cov015.
- [3] A. Coates, A. Arbor, and A. Y. Ng, "An Analysis of Single-Layer Networks in Unsupervised Feature Learning," *Journal of Machine Learning Research*, vol.15, pp.215-223, 2011.
- [4] D.Jaswal, K.P.Soman, V.Sowrnaya,"Image Classification Using Convolutional Neural Networks," *International Journal of Advancements in Research and Technologu*, vol.3, n0.6, pp. 1661-1668, 2014.
- [5] M.A.Hossain & M.S.A.Sajib,"Classification of Image Using Convolutional Neural Networks (CNN)," *Global Journal of Computer Science and Technology: Neural and Artificial Intelligence*, vol. 19, no.2, 2019.
- [6] Q.Yin, R.Zhang, and X. Shao, "CNN and RNN Mixed Model for Image Classification," presented in *MATEC Web of Conference*, 2019. DOI:10.1051/mateconf/201927702001.
- [7] F. Di, T. Masam, and F. Dan, *Seminar Hasil-Hasil Penelitian IPB Tahun 2013*. 2013.
- [8] 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.
- [9] N. K. Qudsi, R. A. Asmara, and A. R. Syulistyo, "Identifikasi Citra Tulisan Tangan Digital Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN)," *Semin. Inform. Apl. Polinema*, pp. 48–53, 2020.
- [10] M. Castelluccio, G. Poggi, C. Sansone, and L. Verdoliva, "Land Use Classification in Remote Sensing Images by Convolutional Neural Networks," pp. 1–11, 2015, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1508.00092>.
- [11] J. Kim, O. Sangjun, Y. Kim, and M. Lee, "Convolutional Neural Network with Biologically Inspired Retinal Structure," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 88, pp. 145–154, 2016, doi: 10.1016/j.procs.2016.07.418.
- [12] Q. Zhang, M. Zhang, T. Chen, Z. Sun, Y. Ma, and B. Yu, "Recent advances in convolutional neural network acceleration," *Neurocomputing*, vol. 323, pp. 37–51, 2019, doi: 10.1016/j.neucom.2018.09.038.
- [13] B. Sekeroglu and I. Ozsahin, "Detection of COVID-19 from Chest X-Ray Images Using Convolutional Neural Networks," *SLAS Technol.*, vol. 25, no. 6, pp. 553–565, 2020, doi: 10.1177/2472630320958376.
- [14] R. J. Djuli, A. Y. Mauko, and M. Boru, "Normalisasi Masukan dan target dinormalisasi dengan membawa data ke bentuk normal dalam rentang nilai antara 0 sampai 1 apabila fungsi aktivasi yang digunakan adalah," *J. Komput. Inform.*, vol. 6, no. 1, pp. 53–59, 2018.
- [12] F. Pedregosa, R. Weiss, and M. Brucher, "Scikit-learn: Machine Learning in Python," vol. 12, pp. 2825–2830, 2011.
- [15] A. Kurniadi, "Implementasi Convolutional Neural Network Untuk Klasifikasi Varietas Pada Citra Daun Sawi Menggunakan Keras," *DoubleClick J. Comput. Inf. Technol.*, vol. 4, no. 1, p. 25, 2020, doi: 10.25273/doubleclick.v4i1.5812.