



Hybrid Algoritma Vgg16-Net dengan Support Vector Machine untuk Klasifikasi Jenis Buah dan Sayuran

Aditya Dwi Putro Wicaksono¹ Henri Tantyoko²

¹ Institut Teknologi Telkom Purwokerto; aditya@ittelkom-pwt.ac.id

² Institut Teknologi Telkom Purwokerto; henri@ittelkom-pwt.ac.id

* Korespondensi: aditya@ittelkom-pwt.ac.id

Sitasi: Wicaksono, A. D. P.; Tantyoko, H (2023). Hybrid Algoritma Vgg16-Net dengan Support Vector Machine untuk Klasifikasi Jenis Buah dan Sayuran. JTIM: Jurnal Teknologi Informasi Dan Multimedia, 5(2), 56-65. <https://doi.org/10.35746/jtim.v5i2.335>

Abstract: The VGG16 deep learning architecture has proven effective in classifying images on ImageNet data sets, however it has limitations in the number of parameters that are very large and the potential for overfitting on small datasets. SVM has advantages in dealing with overfitting problems on relatively small datasets, while VGG16 has advantages in extracting quality features from images with very good performance. SVM can also help improve classification performance on VGG16 by minimizing the risk of overfitting and increasing classification accuracy on relatively small datasets. Therefore, the authors chose the VGG16Net hybrid algorithm with Support Vector Machine for Classifying Fruits and Vegetables, which later the VGG16 architecture is used for feature extraction from images and these features are used as input for SVM. The decision to use VGG16 combined with SVM was to improve the classification accuracy of fruit and vegetable image datasets. However, the use of SVM requires the selection of the right parameters and the right data pre-processing techniques to achieve good results. And in this study the authors succeeded in classifying fruit and vegetable images, accuracy before hybrid SVM obtained 94.52% training accuracy and testing (validation) accuracy of 87.85%. and the loss results get training loss of 0.58 and testing loss accuracy of 12.5%. After doing hybrid vgg16 with svm, training accuracy was 99.87% and testing (validation) accuracy was 91.76%. For loss results, training loss is 0.13 and testing loss accuracy is 8.24%.

Keywords: Convolutional Neural Network, Image, Deep Learning, Fruit, Support Vector Machine, VGG16-Net.



Copyright: © 2023 oleh para penulis. Karya ini dilisensikan di bawah Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

Abstrak: Arsitektur deep learning VGG16 terbukti efektif dalam hal melakukan klasifikasi citra pada dataset ImageNet, akan tetapi memiliki keterbatasan dalam jumlah parameter sangat banyak dan potensi overfitting pada dataset kecil. SVM memiliki kelebihan dalam hal menangani masalah overfitting pada dataset yang relatif kecil, sementara VGG16 memiliki keunggulan dalam mengekstraksi fitur yang berkualitas dari citra dengan performa yang sangat baik. SVM juga dapat membantu memperbaiki kinerja klasifikasi pada VGG16 dengan meminimalkan risiko overfitting dan meningkatkan akurasi klasifikasi pada dataset yang relatif kecil. Oleh karena itu, penulis memilih untuk hybrid algoritma VGG16Net Dengan Support Vector Machine Untuk Klasifikasi Jenis buah dan sayuran, yang nantinya arsitektur VGG16 digunakan untuk ekstraksi fitur dari citra dan fitur-fitur tersebut dijadikan input untuk SVM. Keputusan menggunakan VGG16 digabungkan dengan SVM adalah untuk meningkatkan akurasi klasifikasi dataset citra buah dan sayuran, Namun, penggunaan SVM membutuhkan pemilihan parameter yang tepat dan teknik prapemrosesan data yang tepat untuk mencapai hasil yang baik. Dan dalam penelitian ini penulis berhasil mengklasifikasikan citra buah dan sayuran, akurasi sebelum hybrid svm mendapatkan 94.52% training accuracy dan testing (validation) accuracy sebesar 87.85%. dan hasil loss mendapat training loss sebesar 0.58 dan testing loss accuracy sebesar 12.5%. Setelah dilakukan hybrid vgg16 dengan

svm didapatkan training accuracy sebesar 99.87 % dan testing (validation) accuracy sebesar 91.76 %. Untuk hasil loss mendapat training loss sebesar 0.13 dan testing loss accuracy sebesar 8.24%. Oleh karena itu, arsitektur CNN VGG-16Net digabungkan dengan SVM dapat menghasilkan model klasifikasi yang baik, terutama pada dataset yang relatif kecil dan dapat menjadi pilihan yang sesuai dalam klasifikasi citra.

Kata kunci: Convolutional Neural Network, Citra, Deep Learning, Buah dan sayuran, Support Vector Machine, VGG16-Net

1. Pendahuluan

Arsitektur deep learning yang sering digunakan dalam klasifikasi citra Salah satunya adalah VGG16-Net, Arsitektur VGG16-Net terdiri dari 16 layer yang terdiri dari kombinasi convolutional layer, max pooling layer, dan fully connected layer. Arsitektur VGG16-Net telah terbukti sangat efektif dalam melakukan klasifikasi citra pada berbagai dataset citra seperti dataset ImageNet[1]. Klasifikasi citra adalah salah satu aplikasi penting dalam bidang pengolahan citra, di mana tujuannya adalah untuk mengklasifikasikan citra menjadi beberapa kelas berdasarkan ciri-ciri visual yang terdapat pada citra tersebut.

Meskipun arsitektur VGG16-Net memiliki performa yang baik dalam klasifikasi citra, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, arsitektur VGG16-Net memiliki jumlah parameter yang sangat banyak, sehingga membutuhkan waktu dan sumber daya komputasi yang besar dalam hal melakukan pelatihan. Kedua, arsitektur VGG16-Net mungkin mengalami overfitting apabila dataset pelatihan terlalu kecil[2].

Maka dari itu, peneliti menggunakan metode klasifikasi citra menggabungkan arsitektur VGG16 dengan Support Vector Machine (SVM). SVM adalah algoritma pembelajaran mesin yang digunakan untuk klasifikasi data. SVM dapat mengatasi masalah overfitting dan sesuai untuk dataset yang relatif kecil. Dalam penelitian ini, arsitektur VGG16-Net digunakan untuk ekstraksi fitur dari citra, kemudian fitur-fitur tersebut dijadikan input untuk SVM [3].

Akan tetapi, hybrid VGG16-Net dengan SVM sebelum dan setelah digabungkan akan tergantung pada tujuan dari penggunaannya. Jika tujuannya untuk meningkatkan akurasi klasifikasi pada dataset tertentu, maka penggunaan VGG16 dengan SVM mungkin lebih akurat dibandingkan dengan menggunakan VGG16 saja. Namun, penggunaan SVM juga bisa membutuhkan pemilihan parameter yang tepat dan penggunaan teknik pra-pemrosesan data yang tepat dalam hal mencapai hasil yang baik[4].

Banyak Penelitian sebelumnya yang menggabungkan arsitektur VGG16-Net dengan Support Vector Machine Salah satunya dalam bidang Kesehatan ditulis oleh Abidin Kalliskan yang berjudul Classification of Tympanic Membrane Image based on VGG16 Model penelitian tersebut mendapatkan akurasi di lapisan f6 sebesar 82,17%. Selain itu, mendapatkan performansi 71,43%, 90,62%, dan 77,92% untuk sensitivity, specificity dan f-score[5]. Selanjutnya ada penelitian sebelumnya yang berjudul Classification of covid-19 X-Ray Images Using A Combination of Deep And Handcrafted Features yang ditulis oleh WeiZhang, Bryan Pogorelsky, Mark Loveland, dan Trevor Wolf penelitian tersebut mendapat akurasi klasifikasi 0.988 dengan menggabungkan VGG16 deep features dengan handcrafted features[6]. Dan yang terakhir ada penelitian terdahulu yang berjudul Hybrid CNN-SVM Classifier for Handwritten Digit Recognition oleh Savita Ahlawat dari penelitian tersebut diusulkan untuk pengenalan digit tulisan tangan yang melibatkan otomatis pembuatan fitur menggunakan CNN dan prediksi output layer menggunakan SVM. Penelitian ini menggabungkan keunggulan CNN dan pengklasifikasian SVM dalam mengenali digit tulisan tangan. Peneliti berhasil mendapatkan akurasi klasifikasi 99.28% terhadap MNIST handwritten digits datasets[7].

Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai klasifikasi citra dengan menggunakan VGG16 digabungkan dengan SVM mendapatkan hasil yang cukup baik, serta penerapan metode VGG16 dengan SVM pada pengklasifikasian citra yang lainnya mendapatkan hasil yang cukup baik. Namun dalam klasifikasi citra jenis buah dan sayuran masih sedikit yang melakukan penelitian tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini dilaksanakan dengan judul, “Hybrid Algoritma VGG16-Net Dengan Support Vector Machine Dalam Penentuan Jenis Buah dan sayuran”[8].

2. Bahan dan Metode

Sesuai dengan permasalahan yang dikemukakan, penelitian ini akan dilakukan penerapan hybrid model VGG16 dengan SVM pada citra jenis jenis buah dan sayuran. Klasifikasi citra jenis buah dan sayuran yang menjadi objek penelitian dan subjek penelitian adalah citra jenis buah dan sayuran.

2.1 Bahan

Untuk melangsungkan proses penelitian ini maka perangkat keras dan perangkat lunak harus memenuhi beberapa persyaratan minimum. Komputer yang digunakan dalam pengembangan sistem klasifikasi buah dan sayuran ini, memiliki spesifikasi yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Kebutuhan Perangkat Keras

Komponen	Spesifikasi
Processor	Intel(R) Core(TM) i5-3210M
RAM	12 GB
Hardisk	500 TB
SSD	512 GB
Mouse	Optical
Keyboard	QWERTY

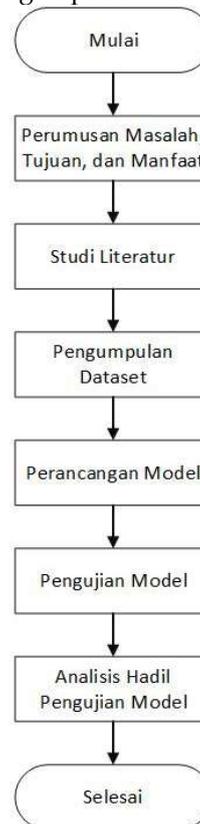
Perangkat lunak yang digunakan dalam pengembangan sistem klasifikasi buah dan sayuran ini memiliki spesifikasi:

1. Sistem operasi Windows 10.
2. Google Colaboratory untuk membangun hybrid model VGG16 – SVM
3. Library:
 - a. Open CV untuk pengolahan citra dinamis secara real-time.
 - b. Numpy untuk memproses array dan array multidimensi untuk melakukan operasi vektor dan matriks.
 - c. Matplotlib untuk visualisasi data yang dapat berjalan di multi-platform (Windows, MacOS, Linux).
 - d. Tensorflow untuk melatih dan menjalankan jaringan saraf untuk mengklasifikasi gambar dan mengidentifikasi objek.
 - e. Keras untuk menyederhanakan penggunaan Tensorflow untuk membuat algoritma Deep Learning.
 - f. Scikit Learn untuk membantu pemrosesan data dan pelatihan Machine Learning dan Data Science.
4. Code Editor Visual Studio Code untuk mengedit kode

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan sebuah dan sayuran citra buah dan sayuran buah dan sayuran yang diambil dari situs Kaggle dengan jumlah gambar sebanyak 90.380 dengan 131 macam jenis buah dan sayuran. Berikut ini adalah link situs data yang saya ambil <https://www.kaggle.com/datasets/moltean/fruits>

2.2 Metode

Dalam penelitian ini, Metode yang digunakan untuk klasifikasi adalah Convolutional Neural Network (CNN) dan pada output layer akan ditambahkan Support Vector Machine (SVM). Adapun arsitektur CNN yang diterapkan yaitu VGG16Net. Dalam arsitektur ini hanya menggunakan 16 Layer. Pada akhirnya, metode dan arsitektur tersebut digunakan untuk klasifikasi citra jenis buah dan sayuran. Berikut adalah gambaran umum dari sistem yang akan dirancang dapat dilihat di Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Model VGG16Net - SVM dibangun menggunakan kumpulan dataset gambar buah dan sayuran yang dikumpulkan dari situs web Kaggle.

Apple Braeburn	Clementine	Papaya	Tomato 2
Apple Golden 1	Cocos	Passion Fruit	Tomato 3
Apple Golden 2	Dates	Peach	Tomato 4
Apple Golden 3	Granadilla	Peach Flat	Tomato Cherry Red
Apple Granny Smith	Grape Pink	Pear	Tomato Maroon
Apple Red 1	Grape White	Pear Abate	Walnut
Apple Red 2	Grape White 2	Pear Monster	
Apple Red 3	Grapefruit Pink	Pear Williams	
Apple Red Delicious	Grapefruit White	Pepino	
Apple Red Yellow	Guava	Physalis	
Apricot	Huckleberry	Physalis with Husk	
Avocado	Kaki	Pineapple	
Avocado ripe	Kiwi	Pineapple Mini	
Banana	Kumquats	Pitahaya Red	
Banana Red	Lemon	Plum	
Cactus fruit	Lemon Meyer	Pomegranate	
Cantaloupe 1	Limes	Quince	
Cantaloupe 2	Lychee	Rambutan	
Carambula	Mandarine	Raspberry	
Cherry 1	Mango	Salak	
Cherry 2	Maracuja	Strawberry	
Cherry Rainier	Melon Piel de Sapo	Strawberry Wedge	
Cherry Wax Black	Mulberry	Tamarillo	
Cherry Wax Red	Nectarine	Tangelo	
Cherry Wax Yellow	Orange	Tomato 1	

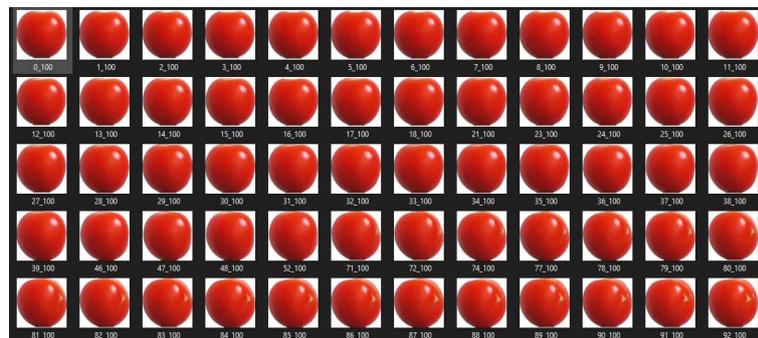
Gambar 2. Dataset Buah dan Sayuran



Gambar 3. Dataset Berlabel Apple Braeburn



Gambar 4. Dataset Berlabel Apple Strawberry



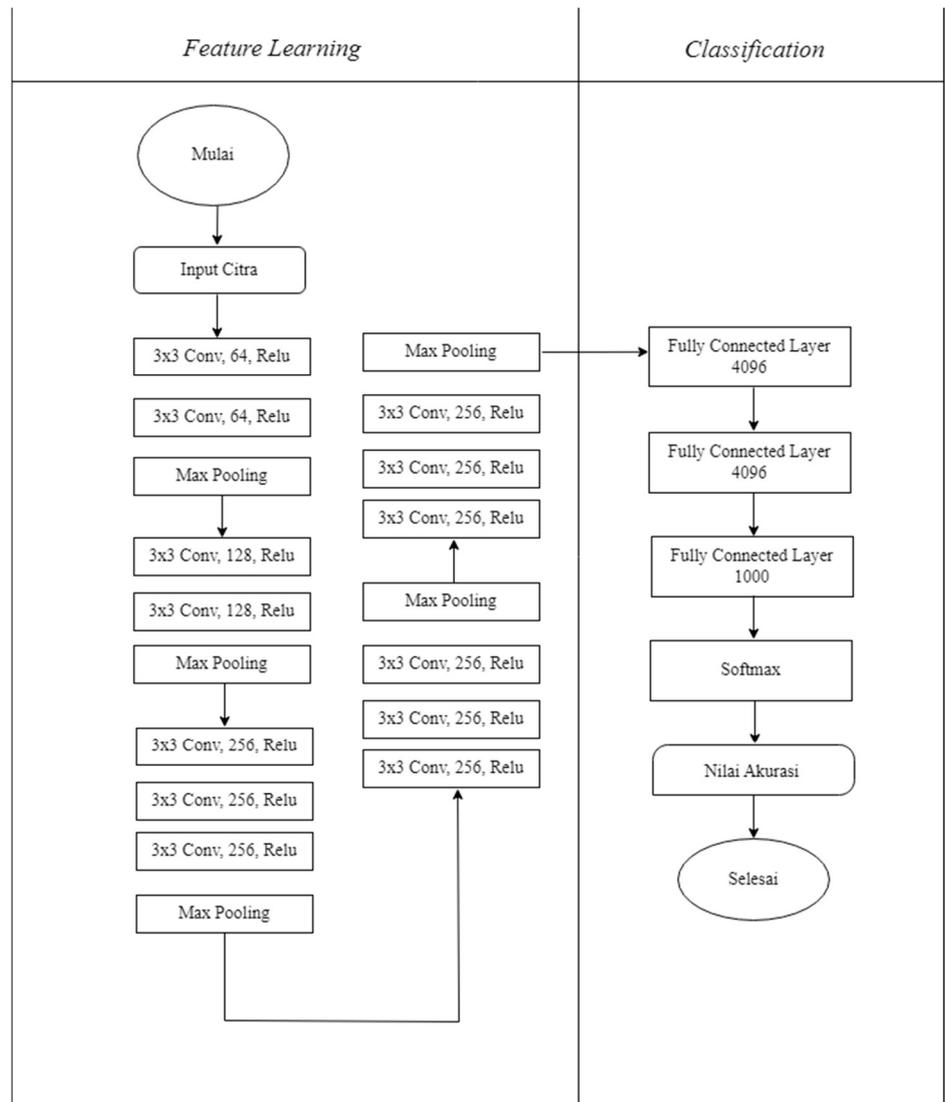
Gambar 5. Dataset Berlabel Tomato

Pada model pelatihan digunakan model pelatihan CNN, Biasanya dalam CNN mempunyai 2 tahapan, yakni tahap feature learning dan classification. Dan arsitektur yang digunakan adalah VGG16Net. Dalam VGG16Net mempunyai beberapa tahap, yaitu tahap Convolutional Layer, tahap Activation ReLU Layer, tahap Pooling Layer, tahap Fully Connected Layer, dan tahap Softmax[9]. Pada input gambar menggunakan citra dengan ukuran 150*150*3. Disini angka 3 adalah sebagai citra yang memiliki 3 channel, yaitu red, green, blue (RGB). Proses yang dilakukan oleh penulis pada penelitian ini yakni Mekanisme Pengambilan Data,CollectingData, Olah Data,Resizing Image,Cropping Image, Ekstraksi Ciri Warna, Normalisasi Data, Pelabelan Data[10].

Tahap selanjutnya, citra masukan akan masuk ke proses konvolusi, aktifasi ReLu, dan polling yang berada pada tahap feature learning. Jumlah proses konvolusi pada penelitian ini mempunyai 13 lapisan konvolusi, 3 lapisan fully connected, dan 1 Support Vector Machine[11]. Setiap konvolusinya memiliki jumlah filter yang berbeda-beda dan ukuran kernel yang sama (3*3). Setelah itu dilakukan tahapan yang terakhir yaitu tahap classification.

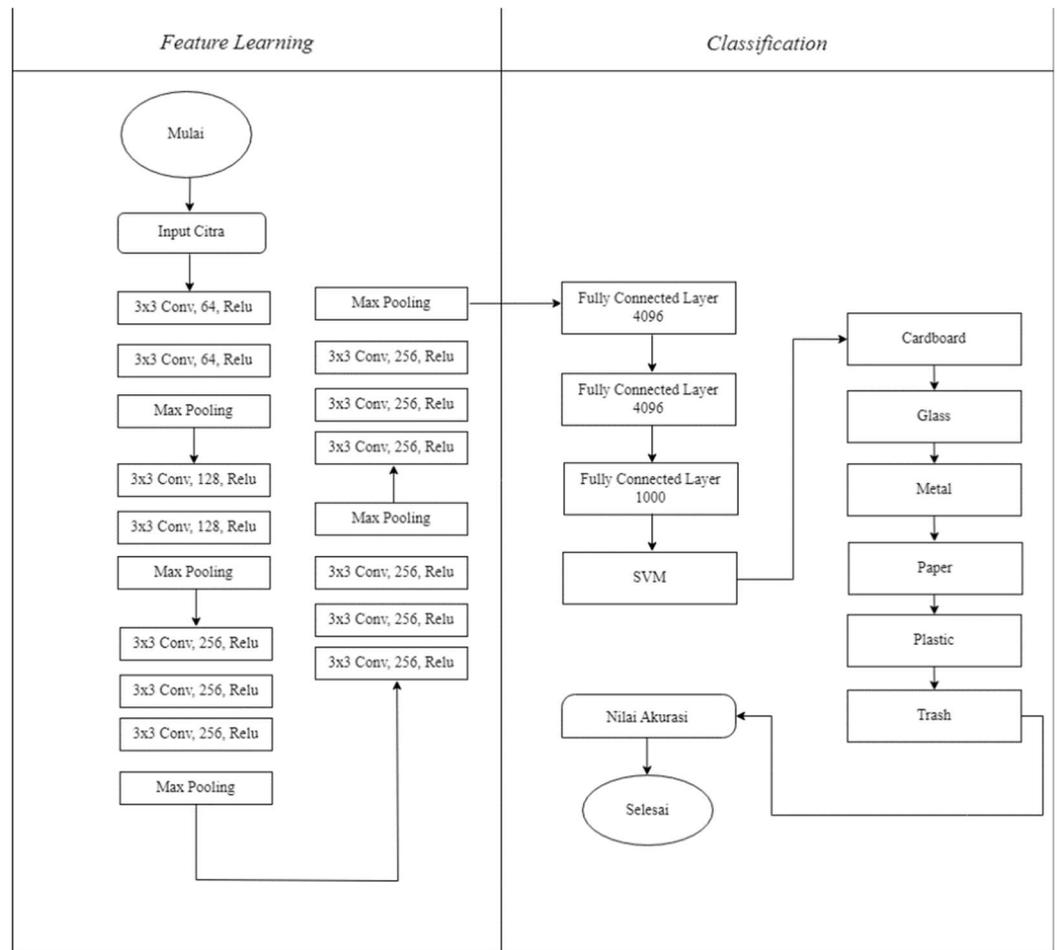
Tahapan tersebut dimulai dengan proses flatten, proses ini bisa diartikan sebagai proses mengubah feature map hasil polling layer kedalam sebuah vektor. Proses tersebut bisa disebut juga dengan fully connected layer. Proses terakhir yaitu proses Softmax,

untuk mengklasifikasikan nilai dari kelas- kelas citra pada lapisan tersembunyi yang ditunjukkan pada Gambar 6.



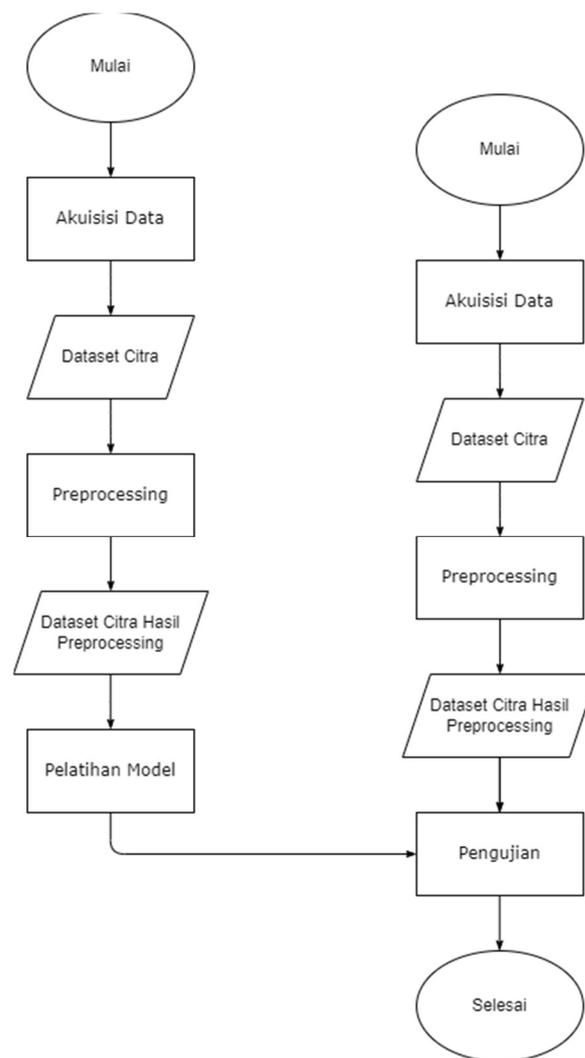
Gambar 6. Diagram Model Pelatihan Sebelum Hybrid

Pada tahap perancangan model VGG16Net - SVM dalam membuat model yang dapat mengklasifikasi buah dan sayuran seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.9 dibawah merupakan struktur pada VGG16Net - SVM dan output size dari masing-masing bagian terdiri dari input layer, Convolutional Layer, poll layer, Fully Connected Layer, output layer[12].



Gambar 7. Diagram Model Pelatihan Setelah Hybrid

Proses awal dalam penelitian adalah menggunakan proses training data. Pada proses training data, mempunyai fungsi untuk pembuatan model yang nantinya digunakan untuk pengujian testing data[13]. Parameter yang dilihat pada pengukuran tingkat keberhasilan model ini adalah nilai akurasi, presisi, dan loss. Proses akuisisi data preprocessing model pelatihan training data dan testing data menggunakan keras pada python dengan tensorflow dan menggunakan Google Colab atau Jupyter Colab. Berikut adalah diagram sistem dari proses training data dan testing data yang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram Sistem Proses (a) Training (b) Testing

Data Preprocessing dalam penelitian ini dilakukan menggunakan software FastStone Photo Resizer dengan menyeimbangkan jumlah data setiap label kelasnya. Label Cardboard terdapat 22 data citra, Label Glass tidak mendapatkan preprocessing karena data dalam label tersebut sudah berjumlah 425, Label Metal terdapat 15 data citra, Label Paper 0 citra, plastic 0 citra, dan trash terdapat 288 data yang di preprocessing sehingga data pada tiap label tersebut berjumlah 425. Dalam Data preprocessing ini dilakukan agar nantinya model VGG16 – SVM mendapatkan yang hasil baik. Dapat dilihat pada gambar 3.11 citra cardboard yang sudah dilakukan proses preprocessing.

3. Hasil

Support Vector Machine (SVM) yang ditambahkan pada lapisan output model Convolutional Neural Network (CNN) dengan model pretrained VGG16 akan digunakan untuk menampilkan hasil pengujian dan analisis klasifikasi kategori buah dan sayuran pada Akurasi, presisi, loss, recall, dan skor f-1 merupakan hasil penilaian klasifikasi jenis buah dan sayuran.

3.1 Hasil Pengujian Sistem

Pada tahap pengujian sistem terdapat dua proses yang akan di tampilkan dalam menggunakan metode CNN dengan arsitektur VGG16Net. Dua prosedur tersebut adalah proses pengujian dan pelatihan data. Model dibangun selama fase pelatihan data dan digunakan selama proses pengujian data. Sistem ini akan diuji untuk melihat kinerjanya dalam hal akurasi, presisi, skor f1, dan loss.

Proses training data dan proses testing data disini menggunakan Keras pada python dengan tensorflow yang akan dijalankan di google colab/jupyter notebook.

3.2 Hasil Perancangan Pengujian

Pada tahap perancangan pengujian akan ditampilkan tiga skenario yang akan diuji. Pada tiga skenario tersebut akan di uji pada dua data, yaitu data asli dan data augmentasi. Skenario yang akan diuji adalah sebagai berikut:

1. Skenario pertama, yaitu mencari pembagian data terbaik dari 90% data training 10% dan data testing, 80% data training dan 20% data testing, 75% data training dan 25% data testing.
2. Skenario kedua, yaitu mencari size citra terbaik dengan parameter yang 64*64, 128*128, 150*150 ditentukan.
3. Skenario ketiga, yaitu mencari learning rate terbaik dengan menggunakan pembagian data dan size citra terbaik yang telah di temukan pada dua skenario sebelumnya.

4. Pembahasan

Data yang akan di uji adalah data asli dan data yang sudah di augmentasi secara manual dikarenakan jumlah data tiap kelasnya tidak sama rata, data asli tersebut berisikan 2527 data dari seluruh kelas buah dan sayuran pada dataset dan saya augmentasi manual menjadi 2550 data. Ada beberapa parameter yang di masukan pada pengujian untuk data asli ini, seperti penggunaan size citra, optimizer, learning rate, dan epoch[14]. Size citra yang digunakan adalah 150*150, 200*200, 224*224. Optimizer yang digunakan adalah optimizer Adam. Learning rate yang digunakan adalah 0.0006, 0.0005, dan 0.0004. Epoch yang digunakan adalah epoch 64. Dan batch size yang digunakan adalah berukuran 32. Pembagian data yang digunakan 90% training 10% testing, 80% training 20% testing, dan 75% training dan 25% testing. Awal pada proses training data akan mengambil data sebesar 90% atau 2295 dari data keseluruhan. Sedangkan untuk proses testing data hanya mengambil 20% atau 255 dari data keseluruhan. Pengujian menggunakan data asli dengan tiga skenario ini akan menghasilkan nilai akurasi, presisi, f1 skor, dan loss. Dataset digunakan agar machine dapat melakukan pelatihan sebelum dapat mendeteksi jenis buah dan sayuran secara akurat[15].

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian saya telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa pengklasifikasian jenis buah dan sayuran menggunakan metode Convolutional Neural Network dengan arsitektur VGG16Net ditambah dengan menggunakan output layer Support Vector Machine mampu mengklasifikasikan jenis buah dan sayuran berdasarkan kelasnya. Dengan nilai rata – rata akurasi, loss, presisi, f1-score, dan skenario terbaik atau parameter terbaik yang di buat.

Dengan menggunakan size citra 128*128, Optimizer Adam, Learning rate 0,0004, dan Epoch 64. Hasilnya mendapat training accuracy sebesar 92.35% dan testing (validation) accuracy sebesar 83.72%. Untuk hasil loss accuracy sebesar 1.0163. Sehingga didapatkan nilai akurasi sebesar 83.72% sebelum hybrid dengan svm, setelah hybrid dengan svm didapatkan akurasi sebesar 83.35%.

Model yang berhasil di prediksi untuk mendapatkan hasil klasifikasi sejumlah 60 citra cardboard, 66 citra glass, 77 citra metal, 79 citra paper, 66 citra plastic, 78 citra trash. Semuanya diprediksi secara efektif menggunakan model Convolutional Neural Network dengan arsitektur VGG16Net ditambah dengan output layer Support Vector Machine.

Referensi

- [1] A. Luthfiarta, "VGG16 Transfer Learning Architecture for Salak Fruit Quality Classification," *Jurnal Informatika dan Teknologi Informasi*, vol. 18, no. 1, pp. 37–48, Dec. 2021.

-
- [2] B. I. and C. S. R. J. Gunawan, "PENGENALAN EKSPRESI WAJAH BERBASIS CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DENGAN MODEL ARSI-TEKTUR VGG16 FACIAL EXPRESSION RECOGNITION BASED ON CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK WITH VGG16 ARCHITECTURE MODEL," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 8, no. 5, pp. 64–42, Oct. 2021.
- [3] S. Widaningsih, "PERBANDINGAN METODE DATA MINING UNTUK PREDIKSI NILAI DAN WAKTU KELULUSAN MAHASISWA PRODI TEKNIK INFORMATIKA DENGAN ALGORITMA C4,5, NAÏVE BAYES, KNN DAN SVM," *Jurnal Tekno Insentif*, vol. 13, no. 1, pp. 16–25, Apr. 2019.
- [4] N. K. H. N. and S. H.-Z. R. Mastouri, "A bilinear convolutional neural network for lung nodules classification on CT images," *Int J Comput Assist Radiol Surg*, vol. 16, no. 1, pp. 91–101, Jun. 2021.
- [5] A. Caliskan, "Classification of Tympanic Membrane Images based on VGG16 Model," *Kocaeli Journal of Science and Engineering*, vol. 13, no. 2, pp. 67–98, Mar. 2022.
- [6] B. P. M. L. and T. W. W. Zhang, "Classification of COVID-19 X-ray Images Using a Combination of Deep and Handcrafted Features," *Electrical Engineering and Systems Science*, vol. 2, no. 1, pp. 23–31, Jan. 2021.
- [7] S. Ahlawat and A. Choudhary, "Hybrid CNN-SVM Classifier for Handwritten Digit Recognition," in *International Conference on Computational Intelligence and Data Science (ICCIDS 2019)*, Maharaja Suramal, Ed., New Delhi: ScienceDirect, Apr. 2019, pp. 2554–2560.
- [8] Y. Peng et al, "CNN-SVM: A classification method for fruit fL image with the complex background," *IET Cyber-Physical Systems: Theory and Applications*, vol. 5, no. 2, pp. 181–185, Jun. 2020.
- [9] M. A. Pangestu and H. Bunyamin, "Analisis Performa dan Pengembangan Sistem Deteksi Ras Anjing pada Gambar dengan Menggunakan Pre-Trained CNN Model," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 4, no. 2, pp. 337–344, Jun. 2018.
- [10] A. H. AD Putro, "Pengaruh Cahaya dan Kualitas dalam Klasifikasi Kematangan Pisang Cavendish Berdasarkan Ciri Warna Menggunakan Artificial Neural Network," *Jurnal Manajemen, Teknik Informatika dan Rekayasa Komputer*, vol. 21, no. 1, pp. 215–228, May 2021.
- [11] I. H. A. R. S. A. R. S. I. Najiah, "Deteksi Jenis dan Kematangan Pisang Menggunakan Metode Extreme Learning," *Journal Responsif*, vol. 2, no. 2, pp. 232–242, Jun. 2020.
- [12] J. G. and H. Z. Y. Zhang, "Breeds Classification with Deep Convolutional Neural Network," *Association for Computing Machinery*, vol. 17, no. 3, pp. 141–151, Feb. 2020.
- [13] N. T. S. N. B. and R. N. Augustien, "Aklamatisasi Plantlet Pisang Cavendish (Musa TANAM Cavendish Banana (Musa acuminata)," *Gontor AGROTECH Science Journal*, vol. 5, no. 2, pp. 111–126, Dec. 2020.
- [14] Indarto and Murinto, "Deteksi Kematangan Buah Pisang Berdasarkan Fitur Warna Citra Kulit Pisang Menggunakan Metode Transformasi Ruang Warna HIS," *Journal JUITA J. Inform*, vol. 5, no. 1, pp. 15–21, May 2017.
- [15] AD Putro, "Klasifikasi Tingkat Kematangan, Kualitas dan Jenis Buah Pisang Berdasarkan Ciri Warna dan Bentuk Menggunakan Artificial Neural Networks," *JTII-Jurnal Teknologi Informasi Indonesia*, vol. 7, no. 2, Jan. 1AD.