

PENGLASIFIKASI BIBIT KELAPA MENGGUNAKAN ALGORITMA DEEP LEARNING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

¹Muhammad Amin, ²Asniati Bindas

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer

²Program Studi Bisnis Digital, Fakultas Ekonomi dan Bisnis

Universitas Islam Indragiri (UNISI)

Jl. Provinsi No. 01 Tembilahan Hulu, Indragiri Hilir, Riau - Indonesia

Email: ma618152@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem klasifikasi bibit kelapa menggunakan CNN, target khususnya yaitu menyusun sistem klasifikasi bibit kelapa menggunakan CNN, melakukan identifikasi bibit kelapa yang berdasarkan warna RGB dan bentuk, membangun sistem klasifikasi bibit kelapa menggunakan CNN, melakukan evaluasi sistem klasifikasi yang dibangun, memberikan gambaran teknik pengolahan citra digital dan CNN untuk klasifikasi bibit kelapa, memberikan informasi klasifikasi bibit kelapa ke dalam bentuk kelas grade A1, A2, B1 dan, B2 sebagai bentuk luaran dari sistem klasifikasi bibit kelapa, mengevaluasi sistem klasifikasi yang dibangun.

Hasil penelitian menunjukkan nilai loss = 0.0965, dengan accuracy = 0.973, validation loss = 0.087, dan validation accuracy = 0.965. Karena akurasi mendekati nilai 1, maka proses training, validasi, dan testing dinyatakan berhasil dalam mengklasifikasikan bibit kelapa. Selain itu, pengujian lapangan menunjukkan hasil yang memuaskan dengan tingkat keberhasilan deteksi bibit kelapa 99% akurasi. CNN dengan model Mobile Net versi 2 mampu mengklasifikasikan citra gambar dengan efektif, menunjukkan kemampuan pengolahan informasi yang optimal. Penelitian ini diharapkan dapat membantu petani dalam mengenali klasifikasi bibit kelapa mereka dengan lebih mudah.

Kata Kunci: Bibit Kelapa; Convolutional Neural Network (CNN); Deep Learning; Pengklasifikasi; Pertanian Berkelanjutan.

1 PENDAHULUAN

Bibit kelapa merupakan salah satu aset penting dalam industri pertanian, terutama di daerah tropis dan subtropis. Kualitas bibit kelapa sangat menentukan produktivitas dan keberhasilan panen kelapa. Tanaman kelapa merupakan salah satu komoditi perkebunan yang paling penting di Kabupaten Indragiri Hilir, menurut data [2] lahan perkebunan kelapa di Kabupaten Indragiri Hilir mencapai 226.037 Ha dan lahan perkebunan kelapa hibrida 35.195 Ha, 430.069 Ha, dan tanaman tua dan rusak mencapai 100.285 Ha yang tersebar di beberapa kecamatan seperti, Kec. Keritang, Kempas, Enok, Tembilahan Hulu, Reteh, Tempuling, dan Kec. Pulau Burung.

Kelapa memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian dan kehidupan masyarakat, baik sebagai sumber bahan pangan, energi, bahan baku industri, maupun sumber pendapatan bagi petani [3]. Tahun 2020 tingkat produksi kelapa Indragiri Hilir mencapai 313.360 ton, sebanyak 313.888 ton di tahun 2021, dan di tahun 2022 sebanyak 313.527 Ton yang menjadi sumber penghasilan Masyarakat petani kelapa di Indragiri Hilir [2]. Namun, identifikasi dan klasifikasi bibit kelapa yang tepat secara visual seringkali memerlukan keahlian yang tinggi dan memakan waktu. Dalam beberapa kasus, ada tantangan dalam membedakan bibit kelapa yang sehat dari yang tidak sehat atau terinfeksi penyakit, terutama pada tahap awal pertumbuhan yang dapat menyebabkan penurunan produksi dan kerugian ekonomi bagi petani mendatang [4]. Penggunaan teknologi dalam identifikasi dan klasifikasi bibit kelapa telah menjadi fokus penelitian untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi proses klasifikasi. Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah

penggunaan algoritma Deep Learning, khususnya Convolutional Neural Network (CNN), yang telah terbukti sukses dalam pengenalan pola pada gambar [5].

Meskipun ada beberapa penelitian sebelumnya yang telah mencoba menerapkan teknologi pengenalan gambar untuk klasifikasi bibit kelapa, masih ada beberapa kendala yang perlu diatasi. Beberapa di antaranya termasuk rendahnya akurasi klasifikasi, ketidakmampuan untuk mengidentifikasi penyakit pada tahap awal pertumbuhan, dan keterbatasan dalam skalabilitas untuk mengelola volume besar data bibit kelapa. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengatasi tantangan tersebut dengan mengembangkan sistem klasifikasi bibit kelapa yang andal dan efisien menggunakan pendekatan Deep Learning, terutama CNN. Rumusan permasalahan utama adalah: Bagaimana menerapkan teknologi Deep Learning untuk mengklasifikasikan bibit kelapa dengan akurasi yang tinggi dan mengidentifikasi secara dini penyakit atau kerusakan pada bibit?

Penelitian ini akan mengadopsi pendekatan eksperimental dengan penggunaan teknologi CNN dalam pengklasifikasi bibit kelapa dengan melibatkan langkah-langkah berikut: Pengumpulan Dataset: Mengumpulkan dataset yang representatif yang berisi gambar bibit kelapa dari berbagai kondisi pertumbuhan, termasuk bibit sehat dan bibit yang terinfeksi penyakit; Preprocessing Dataset: Melakukan preprocessing pada dataset, termasuk normalisasi gambar, augmentasi data untuk meningkatkan keanekaragaman dataset, dan pembagian dataset menjadi subset pelatihan, validasi, dan pengujian; Pembangunan Model CNN: Membangun model CNN yang sesuai dengan arsitektur yang tepat untuk tugas klasifikasi bibit kelapa. Ini mungkin melibatkan eksplorasi berbagai arsitektur CNN dan optimasi hyperparameter untuk meningkatkan kinerja model; Pelatihan Model: Melatih model CNN menggunakan dataset pelatihan yang disiapkan. Selama pelatihan, memantau metrik kinerja seperti akurasi dan loss untuk mengevaluasi kemajuan model; Validasi dan Evaluasi: Memvalidasi model menggunakan dataset validasi yang terpisah dan mengevaluasi kinerjanya menggunakan metrik yang relevan. Jika diperlukan, melakukan fine-tuning model untuk meningkatkan performa; Implementasi dan Pengujian: Mengimplementasikan model yang terlatih dalam lingkungan produksi dan menguji kinerjanya pada data baru yang belum pernah dilihat sebelumnya untuk memastikan generalisasi yang baik.

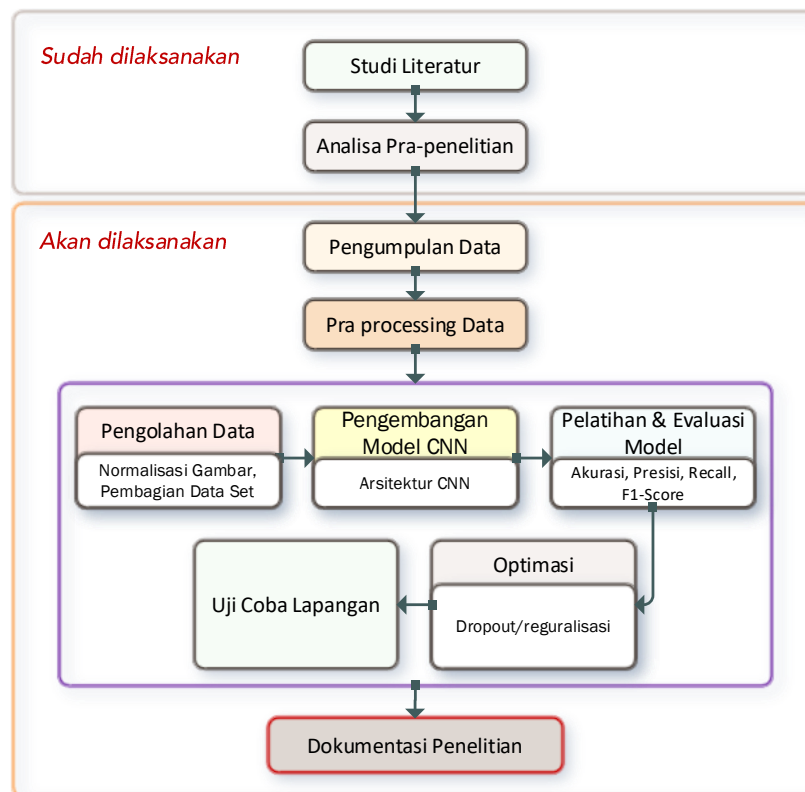
2 LITERATUR REVIEW

Penelitian terdahulu telah banyak dilakukan dalam bidang deteksi dan klasifikasi pada tanaman. Berbagai teknik pemrosesan citra dan algoritma kecerdasan buatan telah diterapkan untuk tujuan ini. Namun, masih terdapat beberapa tantangan yang perlu diatasi, seperti tingkat akurasi yang belum optimal, kompleksitas pengimplementasian, dan keterbatasan sumber daya teknis di lapangan. Namun eksplorasi kelapa pernah dilakukan seperti; NMC digunakan untuk klasifikasi bibit kelapa [3], yang menunjukkan hasil akurasi klasifikasi yang cukup tinggi yang sederhana dan mudah diimplementasikan, tetapi sensitive terhadap outlier yang dapat menurunkan kinerja NMC Ketika data memiliki dimensi yang tinggi.

NBC juga pernah digunakan dalam klasifikasi bibit kelapa [6], ini mampu menangani data dengan banyak fitur dan komputasi yang efisien, akan tetapi sensitive terhadap noise, mengasumsikan independensi fitur dan tidak dapat menangkap hubungan non linier antar fitur. Penelitian sebelumnya juga telah menggunakan teknologi kecerdasan buatan, terutama Convolutional Neural Network (CNN) [7].

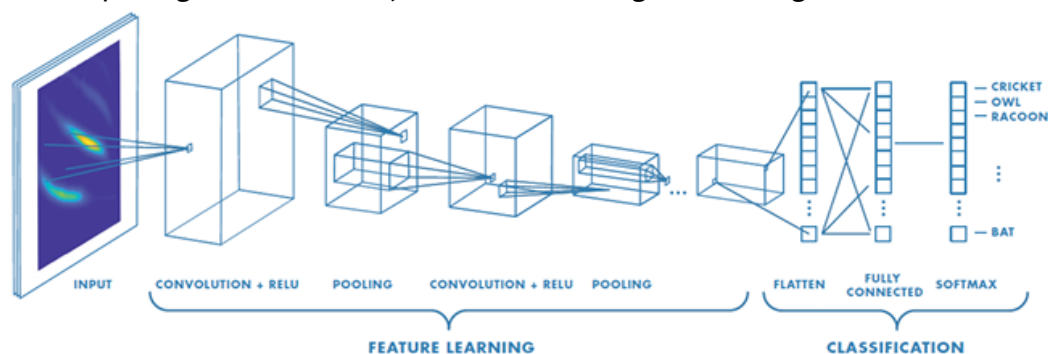
Meskipun ada beberapa penelitian sebelumnya yang telah menggunakan teknologi Deep Learning untuk pengklasifikasian bibit tanaman, termasuk bibit kelapa, kebaruan dari penelitian ini terletak pada fokusnya yang khusus pada identifikasi dan klasifikasi bibit kelapa dengan tingkat akurasi yang tinggi dan kemampuan untuk mendeteksi penyakit pada tahap awal pertumbuhan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengembangkan sistem yang dapat dengan mudah diadopsi oleh petani atau pengelola perkebunan kelapa.

3 METODE



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

CNN juga terdiri dari banyak neuron yang memiliki weight, bias, dan activation function. Tahapan-tahapan algoritma CNN disajikan dalam bentuk gambar sebagaimana berikut.



Gambar 1. Arsitektur CNN

Prosedur Penelitian;

- 1) Studi Literatur; melakukan tinjauan literatur terkait optimalisasi, Convolutional Neural Network (CNN), bibit kelapa, arsitektur CNN, Kecerdasan buatan.
- 2) Analisa Pra-penelitian; melakukan analisis terhadap temuan dan metodologi terkait dengan penelitian.
- 3) Pengumpulan Data; tim peneliti akan mengumpulkan data gambar yang mencakup berbagai jenis bibit kelapa melalui survey lapangan di lima lokasi berbesa (Kecamatan Reteh, Keritang, Kempas, Tempuling, dan Batang Tuaka di Kabupaten Indragiri Hilir) dan dari sumber yang beragam.
- 4) Pra-Pemrosesan Data; data gambar akan dilabeli dengan jenis bibit yang teridentifikasi.
- 5) Pengolahan Data; melakukan normalisasi gambar, pembagian dataset menjadi subset pelatihan, validasi, dan pengujian.

- 6) Pengembangan Model CNN; membangun arsitektur CNN menggunakan kerangka kerja deep learning [8],[9], dengan arsitektur yang disesuaikan untuk tugas klasifikasi gambar [10].
- 7) Pelatihan dan Evaluasi Model; melakukan pelatihan terhadap model menggunakan dataset yang telah diproses, dan kemudian dievaluasi [11] menggunakan metrik kinerja seperti akurasi, presisi, recall, dan F1-score [12].
- 8) Optimasi dan Peningkatan; model akan dioptimasi dengan menyesuaikan parameter dan arsitektur [13], serta teknik pelatihan seperti dropout atau regularisasi.
- 9) Uji Coba Lapangan; menguji coba sistem deteksi dini di lapangan untuk menguji kinerja dan validitasnya.
- 10) Dokumentasi Penelitian; melakukan pendokumentasian penelitian, menyusun laporan penelitian, dan mempublikasikan hasil penelitian pada jurnal ilmiah

Hasil yang Diharapkan;

- 1) Pengembangan model CNN yang mampu mengklasifikasikan bibit kelapa dengan tingkat akurasi yang tinggi (>90%), termasuk kemampuan untuk membedakan antara bibit sehat dan bibit yang terinfeksi penyakit atau mengalami kerusakan.
- 2) Kemampuan model untuk mendeteksi dini gejala penyakit pada bibit kelapa, sehingga tindakan pencegahan atau pengobatan dapat diambil lebih awal untuk mengurangi kerugian pertanian.
- 3) Pengembangan sistem yang mudah diimplementasikan dan digunakan oleh petani atau pengelola kebun kelapa tanpa memerlukan pengetahuan teknis yang mendalam dalam pengolahan citra atau penggunaan algoritma machine learning.
- 4) Kontribusi positif terhadap produktivitas dan keberlanjutan industri kelapa secara keseluruhan, dengan mengurangi kerugian yang disebabkan oleh penyakit atau kondisi tidak sehat pada bibit kelapa.

Indikator Capaian yang Ditargetkan;

- 1) Akurasi model CNN: $\geq 90\%$.
- 2) Deteksi Dini Penyakit: Kemampuan sistem untuk mendeteksi gejala penyakit pada bibit kelapa dengan tingkat keberhasilan yang tinggi, diukur dengan metrik seperti recall dan precision.
- 3) Target untuk meningkatkan efisiensi operasional dalam proses identifikasi dan klasifikasi bibit kelapa, dengan mengurangi waktu yang diperlukan untuk pengambilan keputusan dan biaya yang terkait. Waktu respons sistem deteksi dini: ≤ 1 menit.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini berupa kamera Canon dengan menggunakan resolusi 3456 x 2304 pixel, hasil citra tersebut kemudian memiliki warna 32bit, format yang dipergunakan berupa gambar berextension .BMP dengan warna RGB, peralatan yang lain yang dipergunakan adalah Program Aplikasi Jupiter Netbook sebagai alat untuk menyusun algoritma dan pembuatan model CNN.

Analisis yang di gunakan dalam proses klasifikasi kualitas bibit kelapa dengan menggunakan 2 proses diantaranya yaitu proses pembentukan kelas pada fase latih dan proses klasifikasi fase pengujian. Tahapan selanjutnya setelah dilakukan fase pengumpulan data, maka dilakukan fase:

Pra-Pemrosesan Data; data gambar akan dilabeli dengan jenis bibit yang teridentifikasi, klasifikasi bibit kelapa ini di labelkan ke dalam 4 jenis kelas yaitu:

Tabel 1. Label/Kelas Bibit Kelapa	
Label/Kelas	Dataset
Grade A1	683
Grade A2	615
Grade B1	559
Grade B1	470

Proses pre-processing data dapat dilakukan dengan menggunakan kode program sebagaimana berikut:

```
sdir=r'C:/Users/rasyi/CNNBibitKelapa/dataset/'
filepaths=[]
labels=[]
classlist=os.listdir(sdir)
for klass in classlist:
    classpath=os.path.join(sdir,klass)
    if os.path.isdir(classpath):
        flist=os.listdir(classpath)
        for f in flist:
            fpath=os.path.join(classpath,f)
            filepaths.append(fpath)
            labels.append(klass)
Fseries= pd.Series(filepaths, name='filepaths')
Lseries=pd.Series(labels, name='labels')
df=pd.concat([Fseries, Lseries], axis=1)
print (df.head())
print (df['labels'].value_counts())
```

Gambar 3. Kode Preprocessing Data

Hasil processing data citra klasifikasi bibit kelapa yang disajikan sebagaimana berikut:

```
test batch size: 1   test steps: 233
Found 1861 validated image filenames belonging to 4 classes.
Found 233 validated image filenames belonging to 4 classes.
Found 233 validated image filenames belonging to 4 classes.
['Grade_A1', 'Grade_A2', 'Grade_B1', 'Grade_B2']
```

Dari data yang disajikan diatas diperoleh 4 kelas dengan banyak data training sebanyak 1861 data bibit kelapa, data validasi 233, dan data uji sebanyak 233 data citra.

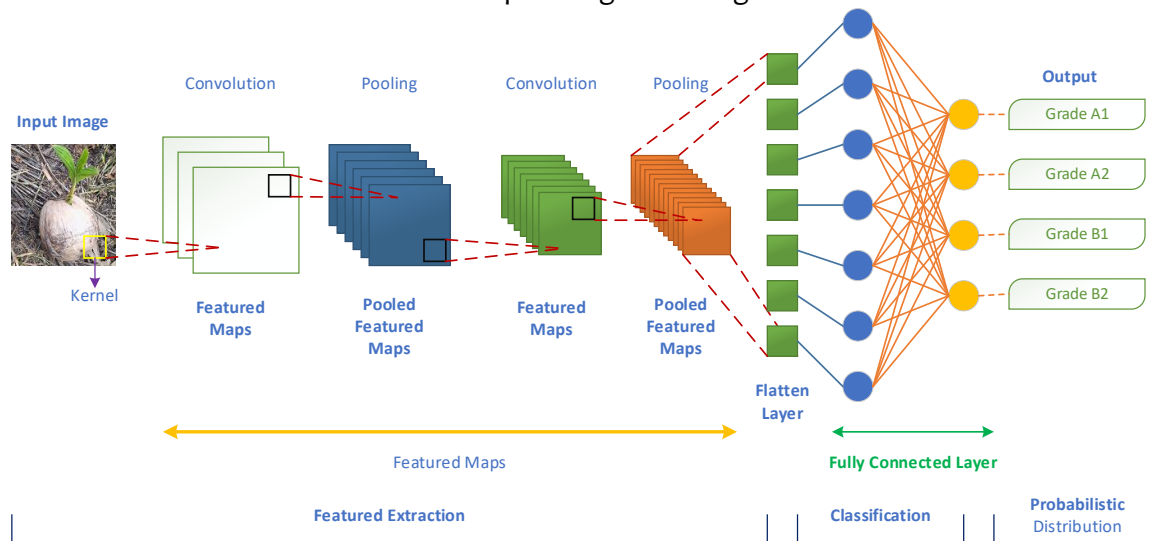
- 1) Pengolahan Data; dilakukan tahapan Normalisasi Gambar: Normalisasi gambar bertujuan untuk mengubah nilai piksel gambar sehingga berada dalam rentang tertentu (biasanya antara 0 dan 1, atau -1 dan 1). Normalisasi juga membantu mengurangi efek noise dan menghindari masalah seperti nilai piksel yang sangat bervariasi.
- 2) Pembagian Dataset Menjadi Subset: dari keseluruhan dataset yang didapat, pada tahapan ini membagi dataset gambar dibagi menjadi data latih sebanyak 1861 gambar/data, data validasi 233 gambar/data, dan data uji sebanyak 233 gambar/data.

```
train_split=.8
test_split=.1
dummy_split=test_split/(1-train_split)
train_df, dummy_df=train_test_split(df, train_size=train_split, shuffle=True, random_state=123)
test_df, valid_df=train_test_split(dummy_df, train_size=dummy_split, shuffle=True, random_state=123)
print ('train_df length: ', len(train_df), ' test_df length: ', len(test_df), ' valid_df length: ', len(valid_df))
```



Gambar 4. Sampel Bibit Kelapa

- 3) Pengembangan Model CNN; Istilah Deep Learning pertama kali diperkenalkan oleh Geoffrey Hinton pada tahun 2006, ketika ia memperkenalkan varian jaringan saraf tiruan yang disebut Deep Belief Nets. Konsep pelatihan jaringan ini dimulai dengan melatih dua lapisan terlebih dahulu, lalu menambahkan satu lapisan baru di atasnya, dan hanya melatih lapisan teratas. Proses ini berlanjut dengan cara yang sama untuk lapisan-lapisan berikutnya. Deep Learning merupakan cabang dari Machine Learning yang menggunakan jaringan saraf tiruan untuk mengatasi masalah dengan dataset berukuran besar. Metode ini mampu menghasilkan prediksi yang lebih akurat karena bekerja dengan cara yang meniru fungsi otak manusia. Salah satu metode Deep Learning yang memberikan hasil signifikan dalam pengenalan objek pada gambar adalah Convolutional Neural Network (CNN). Dalam penelitian ini, membangun arsitektur CNN untuk klasifikasi bibit kelapa sebagaimana digambarkan berikut:



Gambar 5. CNN Klasifikasi Bibit Kelapa

- 4) Pelatihan dan Evaluasi Model; melakukan pelatihan terhadap model menggunakan dataset yang telah diproses, dan kemudian dievaluasi [11] menggunakan metrik kinerja seperti akurasi, presisi, recall, dan F1-score [12].

Layer (type)	Output Shape	Param #
mobilenetv2_1.00_224 (Functional)	(None, 7, 7, 1280)	2,257,984
conv2d (Conv2D)	(None, 7, 7, 32)	368,672
max_pooling2d (MaxPooling2D)	(None, 3, 3, 32)	0
dropout (Dropout)	(None, 3, 3, 32)	0
flatten (Flatten)	(None, 288)	0
dense (Dense)	(None, 4)	1,156

Total params: 2,627,812 (10.02 MB)

Trainable params: 369,828 (1.41 MB)

Non-trainable params: 2,257,984 (8.61 MB)

Gambar 6. Model CNN Klasifikasi Bibit Kelapa

Setelah dilakukan pemodelan CCN tahap selanjutnya melakukan proses training model dengan train dataset adalah semua data gambar dari data latih. Kemudian parameter validation data diisi dengan data validasi yang akan memvalidasi yang selanjutnya akan memvalidasi data lati pada saat proses pelatihan dilakukan. Lalu parameter epochs merupakan banyaknya iterasi

pelatihan yang akan dilakukan, lalu ditambahkan parameter verbose untuk melihat proses kemajuan per epoch saat pelatihan.

```

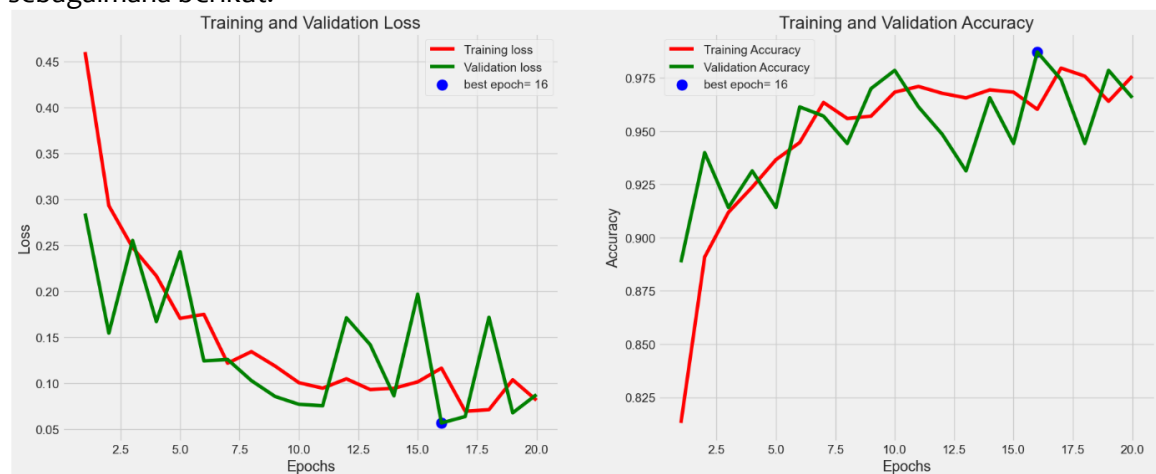
30/30 ————— 87s 3s/step - accuracy: 0.9647 - loss: 0.1032 - val_accuracy: 0.9485 - val_loss: 0.1711
Epoch 13/20
30/30 ————— 99s 3s/step - accuracy: 0.9649 - loss: 0.0885 - val_accuracy: 0.9313 - val_loss: 0.1419
Epoch 14/20
30/30 ————— 101s 3s/step - accuracy: 0.9603 - loss: 0.1097 - val_accuracy: 0.9657 - val_loss: 0.0863
Epoch 15/20
30/30 ————— 87s 3s/step - accuracy: 0.9723 - loss: 0.0963 - val_accuracy: 0.9442 - val_loss: 0.1969
Epoch 16/20
30/30 ————— 107s 3s/step - accuracy: 0.9486 - loss: 0.1539 - val_accuracy: 0.9871 - val_loss: 0.0567
Epoch 17/20
30/30 ————— 113s 3s/step - accuracy: 0.9738 - loss: 0.0733 - val_accuracy: 0.9742 - val_loss: 0.0637
Epoch 18/20
30/30 ————— 95s 3s/step - accuracy: 0.9774 - loss: 0.0658 - val_accuracy: 0.9442 - val_loss: 0.1717
Epoch 19/20
30/30 ————— 99s 3s/step - accuracy: 0.9621 - loss: 0.1052 - val_accuracy: 0.9785 - val_loss: 0.0677
Epoch 20/20
30/30 ————— 98s 3s/step - accuracy: 0.9738 - loss: 0.0965 - val_accuracy: 0.9657 - val_loss: 0.0876

```

Gambar 7. Hasil Training Model

Dapat dilihat pada gambar diatas, bahwa iterasi/epoch yang digunakan sebanyak 20 epochs, maka diperlihatkan nilai $loss = 0.0965$, dengan $accuracy = 0.973$, $validation loss = 0.087$, dan $validation accuracy = 0.965$

Berdasarkan hasil pelatihan dan validasi data untuk bibit kelapa dengan; jumlah Epochs = 20. Jumlah total data pelatihan adalah 233. Berikut adalah Gambar 6, yang menunjukkan kurva hasil training dan validation model selanjutnya disajikan pada bentuk gambar grafik sebagaimana berikut:



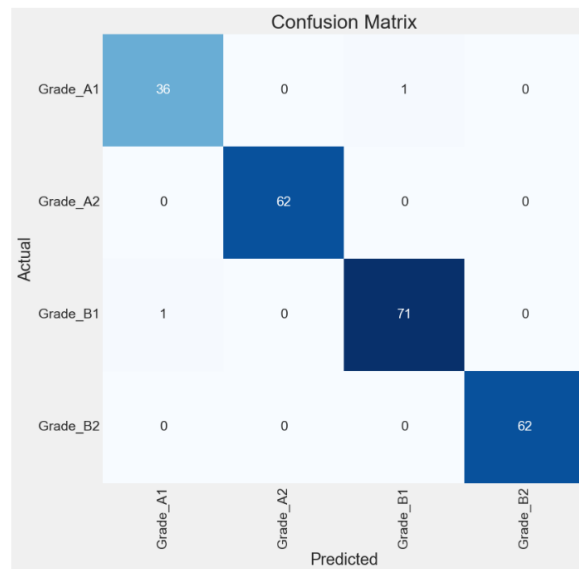
```

233/233 ————— 20s 86ms/step - accuracy: 0.9927 - loss: 0.0334
accuracy on the test set is 99.14 %

```

Gambar 8. Grafik Training dan Validation Model

Confusion matrix digunakan untuk menentukan tingkat keberhasilan dan kegagalan dalam pengujian. Label yang benar dan prediksi ditampilkan dalam confusion matrix, masing-masing berisi nama klasifikasi bibit kelapa. Hasil pengujian model mobile net versi 2 dan model CNN sequential menghasilkan confusion matrix yang sangat baik dengan nilai tertinggi 1 dan nilai terendah 0,97. Berikut adalah Gambar 6, yang menunjukkan confusion matrix pada data pelatihan dan validasi untuk bibit kelapa.



Gambar 9. Convusion Matrik

Classification Report:

	precision	recall	f1-score	support
Grade_A1	0.97	0.97	0.97	37
Grade_A2	1.00	1.00	1.00	62
Grade_B1	0.99	0.99	0.99	72
Grade_B2	1.00	1.00	1.00	62
accuracy			0.99	233
macro avg	0.99	0.99	0.99	233
weighted avg	0.99	0.99	0.99	233

Dari hasil pengujian setiap kelas memiliki nilai Precision, recall, f1-score, dan nilai support. Dari hasil pengujian model mobile net versi 2 dan model CNN sequential menghasilkan confusion matrix yang sangat baik dengan nilai tertinggi 1 dan nilai terendah 0,97. Dengan nilai akurasi pada kolom F1-score = 0.99, dan berdasarkan pada proses iterasi/epoch yang digunakan sebanyak 20 epochs, maka diperlihatkan nilai $loss = 0.0965$, dengan $accuracy = 0.973$, $validation loss = 0.087$, dan $validation accuracy = 0.965$. sehingga menunjukkan kemampuan pengolahan informasi yang optimal melalui pengklasifikasian bibit kelapa menggunakan algoritma CNN.

5 KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa hasil evaluasi training, validasi, dan pengujian pada proses data training dan validasi menggunakan model Mobile Net versi 2 dan CNN untuk klasifikasi bibit kelapa menunjukkan nilai akurasi training sebesar 0.973 dengan Loss sebesar 0.965, nilai akurasi validasi sebesar 0.965 dan validasi loss sebesar 0.087, dan nilai akurasi pengujian sebesar 0.991 dengan Loss sebesar 0.034. Selain itu, diperoleh confusion matrix yang baik, dengan nilai tertinggi 1 dan nilai terendah 0.97. Karena nilai akurasi mendekati 1, maka proses training, validasi, dan pengujian dinyatakan berhasil dalam mengklasifikasikan bibit kelapa. Penelitian lebih lanjut juga dapat dilakukan menggunakan dataset bibit kelapa dengan kualitas gambar yang lebih baik, serta bisa meneliti dataset grade kualitas lainnya dengan model yang sama atau berbeda, dan dapat ditingkatkan serta pengembangan model yang lain.

REFERENSI

- [1] Omori Y., Shima Y. Image Augmentation for Eye Contact Detection Based on Combination of Pre-trained Alex-Net CNN and SVM. *Journal of Computers*. 2020;15(3): 85–97
- [2] BPS Propinsi Riau. *Riau Dalam Angka 2023*. Riau: CV. MN Grafika; 2023
- [3] Ridha MR, Yunita F. Pemilihan Bibit Kelapa Menggunakan Metode Nearest Mean Classifier Untuk Masyarakat Petani Kelapa Di Kabupaten Indragiri Hilir. *Jurnal Perangkat Lunak*. 2020 Dec 17;2(3):101-14.
- [4] Marhaeni L.S. Inventarisasi Hama Dan Penyakit Penting Pada Tanaman Kelapa. *Perspektif: Review Penelitian Tanaman Industri*. 2008 Dec 30;7(2): 112-117.
- [5] Nasrullah A.H., Annur, H. Implementasi Metode Convolutional Neural Network Untuk Identifikasi Citra Digital Daun. *Jurnal Media Informatika Budidarma*. 2023;7(2): 726-36.
- [6] Muni A, Jibril M. Penerapan Metode Naive Bayes Classifier Dalam Pemilihan Kualitas Bibit Kelapa Untuk Masyarakat Petani Kelapa Di Indragiri Hilir. *jupel [Internet]*. 2023Oct.29 [cited 2024Mar.19];5(3):313-22. Available from: <https://ejournal.unisi.ac.id/index.php/jupel/article/view/2780>
- [7] Omori Y., Shima Y. Image Augmentation for Eye Contact Detection Based on Combination of Pre-trained Alex-Net CNN and SVM. *Journal of Computers*. 2020;15(3): 85–97
- [8] Sim J., Park S., Kim S. Image Augmentation Techniques for Improving Deep Learning Classification Performance. *Journal Of Information and Communication Convergence Engineering*. 2019;17(3): 186-91.
- [9] Lai Y. A Comparison of Traditional Machine Learning and DeepLearning in Image Recognition. *J. Phys. Conf. Ser.* 2019; 1314, 12148 [CrossRef]
- [10] Wang Y., Wang H., Peng Z. Rice Diseases Detection and Classification Using Attention-Based Neural Network and Bayesian Optimization. *Expert Syst. Appl.* 2021; 178, 114770. [CrossRef]
- [11] Alfatni M.S.M, Khairunniza-Bejo S., Marhaban M.H.B., Saaed O.M.B., Mustapha A., Shariff A.R.M. Towards a Real-Time Oil Palm Fruit Maturity System Using Supervised Classifiers Based on Feature Analysis. *Agriculture* 2022, 12, 1461. [CrossRef]
- [12] Jinan A., Hayadi B.H. Klasifikasi Penyakit Tanaman Padi Menggunakan Metode Convolutional Neural Network Melalui Citra Daun (Multilayer Perceptron). *Journal of Computer and Engineering Science*. 2022;1(2):37-44
- [13] Liang K., Wang Y., Sun L., Xin D., Chang Z. A Light Weight-Improved CNN Based on VGG16 for Identification and Classification of Rice Diseases and Pests. In *Proceedings of the International Conference on Image, Vision and Intelligent Systems (ICIVIS 2021)*, Changsha, China, 21–23 May 2022; pp. 195–207. Available online: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-6963-7_18

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Kemendikbudristek Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi, Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat sebagai pemberi dana pada penelitian ini.