

Implementasi *Convolutional Neural Network* Pada Alat Klasifikasi Kematangan dan Ukuran Buah Nanas Berbasis Android

Irma Salamah¹, Sherina Humairoh², Sopian Soim³
^{1,2,3} Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, Indonesia

Email: irma.salamah@yahoo.com, sherinahumairoh31@gmail.com², sopiansoim@gmail.com³

Abstrack - South Sumatra is the region with the highest production of pineapples in 2021. The process of selling pineapples depends on the size and maturity. Farmers classify pineapples subjectively with both eyes, causing the classification process to be ineffective. Machine learning technology is developing very rapidly, one of which is deep learning which uses very deep neural networks to learn feature representations of data automatically. This study aims to implement the Convolutional Neural Network (CNN) algorithm to classify the ripeness and size of pineapples so that the sorting process for pineapple production can be effective and accurate. There are 6 classification labels, namely, large ripe pineapple, large half ripe, medium ripe, medium half ripe, small ripe, and small half ripe. Raspberry Pi 3B+ and Pi camera are used as fruit image capture tools. The results of the training process accuracy were 99.4%, and the validation process accuracy was 92.4% with a dataset of 275 data for each label. The dataset is used 80% as training data and 20% as validation data. Meanwhile, for testing the tool, 90 test data were used with an accuracy of 90.83%. And the results of the classification will appear on the Android application including the amount of pineapple stock that has been detected, so that it can make it easier for farmers to sort pineapples.

Keywords - Classification, Pineapple, Convolutional Neural Network, Android

Intisari – Sumatera Selatan merupakan wilayah produksi buah nanas paling tinggi di tahun 2021. Dalam proses penjualan buah nanas bergantung pada ukuran dan kematangan. Para petani mengklasifikasikan buah nanas secara subjektif dengan kedua mata, sehingga menyebabkan proses klasifikasi tidak efektif. Teknologi *machine learning* berkembang sangat pesat, salah satunya *deep learning* yang menggunakan syaraf tiruan (*neural network*) yang sangat dalam (*deep*) untuk mempelajari representasi fitur dari data secara otomatis. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mengklasifikasi kematangan dan ukuran buah nanas agar proses pemilahan hasil produksi buah nanas menjadi efektif dan akurat. Terdapat 6 label klasifikasi yaitu, nanas besar matang, besar setengah matang, sedang matang, sedang setengah matang, kecil matang dan kecil setengah matang. Digunakan Raspberry pi 3B+ dan kamera pi sebagai alat pengambilan citra buah. Didapatkan hasil akurasi proses training sebesar 99,4 % dan akurasi proses validasi sebesar 92,4% dengan dataset sebanyak 275 data untuk setiap label. Dataset digunakan 80% sebagai data training dan 20% data validasi. Sedangkan untuk pengujian testing pada alat digunakan 90 data uji dengan hasil akurasi sebesar 90,83%. Dan hasil klasifikasi akan tampil pada aplikasi android termasuk jumlah stok nanas yang telah dideteksi, sehingga dapat mempermudah pekerjaan petani dalam menyortir buah nanas.

Kata Kunci – Klasifikasi, Buah Nanas, Convolutional Neural Network, Android

I. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara agraris tentunya memiliki sumber data akan yang beraneka ragam termasuk lahan pertanian yang luas. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia di tahun 2021, jumlah produksi buah yang paling tinggi di wilayah Sumatera Selatan adalah buah nanas dengan total produksi sebanyak 476.074 ton. Nanas juga menempati posisi

sebagai peringkat kedua dalam kategori buah dengan produksi terbesar di Indonesia sebanyak 2,89 juta ton dalam setahun[1]. Dalam proses penjualan buah nanas, petani melakukan proses sortir buah berdasarkan tingkat kematangan serta klasifikasi ukuran buah yang berfungsi dalam penentuan harga jual nanas [2]. Saat ini para petani masih memilah ukuran buah secara subjektif menggunakan kedua mata.

Berdasarkan penelitian [3] didapat hasil pengujian sebuah alat pemilah nanas yang mengklasifikasikan buah nanas dengan tingkat kematangan mulai dari mentah, matang dan sangat matang menggunakan mikrokontroler *Blu Pill* STM32F103C8T6 dengan sensor IR dan indeks klasifikasi yang terbagi menjadi 7 kategori diinisialkan lewat bilangan bulat 1 sampai 7 menghasilkan tingkat akurasi secara keseluruhan bernilai lebih dari 90%. Adapun metode *Fuzzy Logic* [4] yang diimplementasikan menggunakan algoritma *If-Then* dalam proses sortir dan penghitung buah apel didapat tingkat keberhasilan sebesar 90% dengan mikrokontroler berupa Arduino Mega 2560 serta sensor *loadcell* dan warna TCS3200. Dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat membuat *machine learning* ramai digunakan dalam menganalisa berbagai macam data. Salah satunya *deep learning* yang dapat dimanfaatkan dalam mengolah citra digital atau *image processing*. Terdapat beberapa algoritma yang digunakan dalam bidang pengolahan citra digital seperti, *Support Vector Machine*, *Naïve Bayes* dan *Neural Network*. [5]. Penggunaan metode *Support Vector Machine* pernah diteliti untuk mengklasifikasi tingkat kematangan buah nanas berdasarkan tekstur GLCM seperti *contrast*, *correlation*, *energy*, dan *homogeneity* mencapai tingkat akurasi sebesar 80% [6].

Convolutional Neural Network (CNN) merupakan sebuah pengembangan dari metode *Multilayer Perceptron* (MLP) yang tergolong dalam keluarga jaringan saraf (*neural network*). *Convolutional network* termasuk dalam kategori *deep neural network* karena memiliki tingkat kedalaman yang tinggi, dan sering digunakan untuk mengolah data citra [7]. Implementasi *Convolutional Neural Network* (CNN) sangat signifikan dalam pengenalan citra digital karena model ini dapat diproses berdasarkan prinsip sistem pengenalan citra pada manusia, yaitu mirip dengan cara visual cortex pada otak manusia berfungsi [8]. Telah dilakukan penelitian dalam mengklasifikasikan rambu lalu lintas menggunakan metode CNN dan deteksi menggunakan *faster-RCNN* dan *YOLOV4* didapat hasil akurasi tertinggi pada pengklasifikasian menggunakan metode CNN [9].

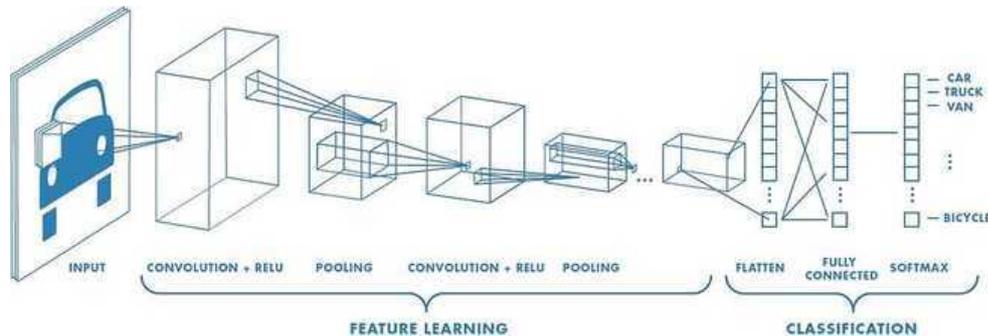
Model CNN juga pernah digunakan untuk menentukan kematangan buah kopi kuning dengan label mentah, setengah matang, matang dengan data latih sebanyak 984 citra menghasilkan akurasi sebesar 92% [10]. Penerapan CNN juga dilakukan untuk mengklasifikasi buah jeruk busuk dan bagus dengan data training sebanyak 250 data didapatkan hasil akurasi training sebesar 96% [11]. Penelitian [12] melakukan deteksi buah nanas menggunakan mikrokontroler ESP32 dengan CNN didapat hasil total rata-rata akurasi sebesar 83,33%. Pada penelitian [13] digunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mengklasifikasikan kematangan buah pisang dengan menggunakan 4 output serta pengulangan tahapan konvolusi dan *max polling* sebanyak 2 lapisan mendapatkan hasil keakurasiannya sebesar 96,14%. Oleh karena itu, akan dilakukan implementasi algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) dalam mengklasifikasi kematangan dan ukuran buah nanas yang dikembangkan dari penelitian sebelumnya. Hasil klasifikasi yang telah berhasil diprediksi akan ditampilkan dalam aplikasi android. Dengan adanya penelitian ini dapat membantu para petani dalam mengklasifikasi buah nanas agar lebih efektif.

II. SIGNIFIKANSI STUDI

A. Studi Literatur

CNN merupakan salah satu metode *neural network* yang berfungsi untuk mengolah data dua dimensi. CNN merupakan metode yang berfungsi dalam mengenali objek, visual, serta

mendeteksi data citra digital. Metode ini melibatkan neuron yang memiliki bobot (weight), bias, dan fungsi aktivasi. CNN beroperasi dengan menggunakan lapisan konvolusi, yaitu dengan menggeser kernel (filter) yang memiliki ukuran tertentu pada sebuah gambar. Hal ini memungkinkan komputer untuk mendapatkan informasi representatif baru dengan melakukan perkalian antara bagian-bagian gambar dan filter yang digunakan[14]. Arsitektur CNN terbagi menjadi beberapa layer seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi Arsitektur CNN

Tahapan *convolutional layer* merupakan proses menggeser (convolve) suatu filter kernel disetiap kemungkinan posisi filter pada gambar. Semua data hasil konvolusi akan dikonversikan oleh kernel ke seluruh bagian data input sehingga menjadi *feature map 2D*. Fungsi *kernel* (filter) pada lapisan ini memiliki panjang, tinggi dan tebal sesuai dengan channel data input. Setiap kernel akan melakukan operasi *dot product* antara data input dan nilai dari filter itu sendiri[15]. *Pooling layer* adalah lapisan sesudah lapisan konvolusi, lapisan ini terdiri dari filter yang memiliki ukuran dan nilai stride tertentu. Pada lapisan ini terjadi perubahan ukuran data input yang berubah menjadi setengah dari ukuran image layer sebelumnya. Jenis pooling yang umum digunakan antara lain Max Pooling dan Average Pooling[16].

Berikutnya lapisan yang berfungsi untuk menghubungkan lapisan aktivasi sebelumnya menuju lapisan selanjutnya. Lapisan sebelumnya hanya dapat dieksekusi oleh lapisan *fully connected* apabila lapisan tersebut sudah berubah bentuk jadi satu dimensi. Proses dilakukan dengan cara *flatten* atau *reshape*. Vektor yang akan digunakan sebagai input dari lapisan ini merupakan hasil dari proses *flatten* tersebut. *Dropout* adalah lapisan yang berguna untuk mengnonaktifkan acak neuron yang ada pada lapisan sebelumnya sehingga membuat neuron tersebut tidak digunakan dalam proses pelatihan selanjutnya. Seluruh neuron tersebut dapat dianggap sebagai neuron yang terbuang secara acak yang menyebabkan pemberhentian sementara jaringan.

B. Data Penelitian

Proses pengumpulan dataset diambil dari citra buah nanas utuh termasuk bagian buah dan mahkota nanas. Dataset yang diambil berdasarkan parameter untuk ke-6 label klasifikasi. Kematangan buah dapat diidentifikasi berdasarkan sifat fisiknya, khususnya warna kulitnya. Buah nanas yang masih muda memiliki kulit berwarna hijau keputihan, sedangkan buah nanas setengah matang memiliki kulit yang lebih tua dengan campuran warna hijau dan kuning. Ketika buah nanas sudah matang, kulitnya berubah menjadi kuning hingga oranye[17]. Sedangkan untuk ukuran buah diklasifikasikan menjadi 3 ukuran, yaitu besar, sedang dan kecil. Kategori tersebut dibedakan berdasarkan ukuran panjang buah nanas. Dikatakan besar apabila memiliki panjang 16-18 cm, sedang apabila memiliki panjang 13-15 cm dan kecil apabila memiliki panjang 8-12 cm. Dalam penelitian ini terdapat 6 label klasifikasi yang digunakan yaitu buah besar matang, besar setengah matang, sedang matang, sedang setengah matang, kecil matang dan kecil setengah matang. Terdapat sebanyak 1650 data latih dengan setiap label

berjumlah 275 data latih. Sedangkan untuk proses validasi data menggunakan sebanyak 20% dari data latih. Beberapa contoh dari data latih dapat dilihat pada tabel I.

TABEL I
DATASET BERDASARKAN LABEL KLASIFIKASI

No	Label Klasifikasi	Contoh Dataset
1	Besar Matang	
2	Besar Setengah Matang	
3	Sedang Matang	
4	Sedang Setengah Matang	
5	Kecil Matang	
6	Kecil Setengah Matang	

Seluruh dataset tersebut diambil menggunakan kamera pi dengan ketinggian yang sama sejauh 55 cm. Hal tersebut berguna agar dapat terlihat secara signifikan perbedaan ukuran yang ada. Gambar yang didapat memiliki ukuran 640x480 piksel. Kemudian dilakukan tahapan *pre-processing* diperkecil menjadi 200x150 piksel. Hal ini dilakukan agar data yang diproses tidak terlalu berat. Dataset yang sudah terbagi menjadi beberapa kategori akan dilakukan proses *labelling* sesuai dengan judul folder dari setiap kategori yang telah ditentukan. Selanjutnya

proses *data augmentation* yaitu memperbanyak dataset dengan cara melakukan pengolahan citra seperti *random flip*, *rotasi*, *zoom* dan *rescaling*.

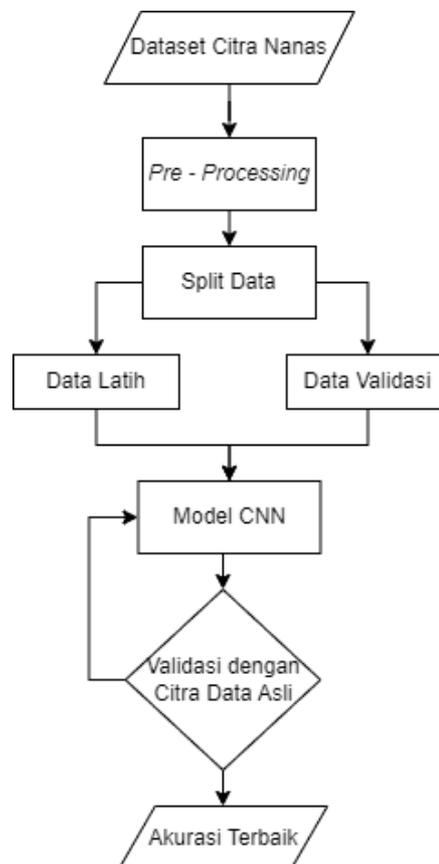
C. Lokasi Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini, buah nanas yang digunakan berasal dari wilayah Sumatera Selatan, termasuk nanas daerah Palembang dan Prabumulih. Pengambilan dataset dilakukan di Perumahan Kelapa Gading Kota Palembang, Sumatera Selatan. Sedangkan pengujian dilakukan di Politeknik Negeri Sriwijaya, Kota Palembang, Sumatera Selatan. Penerapan penelitian ini dilakukan di Agrowisata Nanas Prabumulih, Sumatera Selatan.

D. Metode Penelitian

1. Perancangan Model CNN

Adapun proses utama dalam penelitian ini adalah membuat model CNN yang mampu mengklasifikasi ukuran dan kematangan buah nanas dengan baik. Skema perancangan model dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Skema Pembuatan Model CNN

Proses pelatihan model CNN diawali dengan pengumpulan dataset lalu pre-processing image gambar agar semua gambar memiliki size yang sama. Selanjutnya seluruh dataset yang ada akan dibagi menjadi 80% untuk data latih dan 20% sebagai data validasi. Data latih akan mengalami proses training dan divalidasi menggunakan data validasi. Proses *learning* akan terus diulang sampai ditemukan hasil akurasi yang terbaik dalam mengklasifikasi 6 label yang telah ditentukan. Proses training dataset dilakukan menggunakan model arsitektur CNN yang telah dirancang seperti yang ditunjukkan pada tabel 2. Tahapan *convolutional layer* merupakan

tahapan pergeseran atau menggeser (*convolve*) filter disetiap kemungkinan posisi filter pada gambar. Setiap data yang masuk ke dalam lapisan konvolusi akan mengalami proses konvolusi dan akan diolah oleh setiap filter secara keseluruhan pada data input, menghasilkan suatu peta aktivasi atau feature map 2D. Fungsi kernel (filter) pada lapisan ini memiliki dimensi panjang, lebar, dan kedalaman sesuai dengan channel data input. Setiap kernel akan melakukan operasi dot product (perkalian titik) antara data input dan nilai-nilai dari filter tersebut[15]. Pada penelitian kali ini digunakan filter kernel dengan ukuran 3x3 piksel.

TABEL II
ARSITEKTUR MODEL CNN

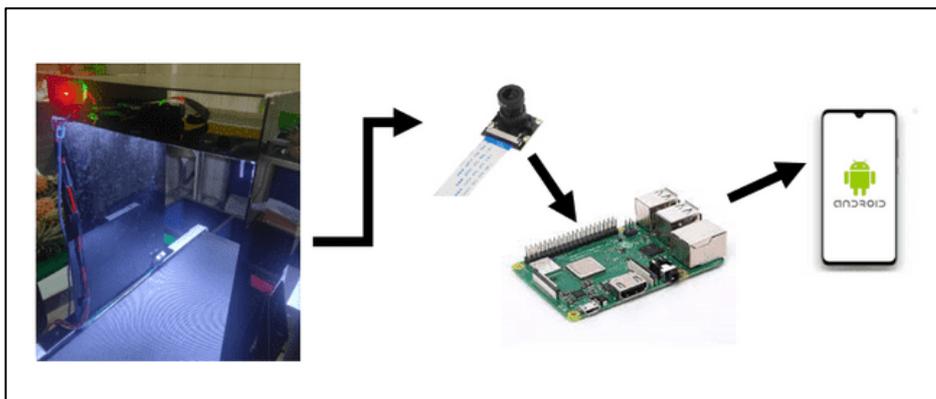
Layer (Type)	Output Shape	Param #
Sequential	(None, 150, 200, 3)	0
Conv2d	(None, 150, 200, 32)	896
Max_Polling2d	(None, 75, 100, 32)	0
Conv2d_1	(None, 75, 100, 64)	18496
Max_Polling2d_1	(None, 37, 50, 64)	0
Conv2d_2	(None, 37, 50, 128)	73856
Max_Polling2d_2	(None, 18, 25, 128)	0
Conv2d_3	(None, 18, 25, 512)	590336
Max_Polling2d_3	(None, 9, 12, 512)	0
Conv2d_4	(None, 9, 12, 1024)	4719616
Max_Polling2d_4	(None, 4, 6, 1024)	0
Dropout	(None, 4, 6, 1024)	0
Flatten	(None, 24576)	0
Dense	(None, 512)	12583424
Dense_1	(None, 256)	131328
Dense_2	(None, 6)	1542
Total Params		18,199,494

Pada lapisan *max pooling* dilakukan pengurangan ukuran fitur dan mengambil nilai maksimum dari area tertentu. Dalam kasus ini, peneliti menggunakan operasi *max pooling* (2,2) dengan stride 2 sehingga ukuran *feature map* dikurangi menjadi setengah dari ukuran aslinya yaitu menjadi 100x75 piksel. Kedua lapisan ini dilakukan pengulangan sebanyak 5 kali lapisan sehingga menghasilkan output dalam bentuk 6x4 piksel. Selanjutnya dilakukan *dropout*, pada lapisan ini akan dinonaktifkan beberapa unit *neuron* selama proses pelatihan agar meminimalisir terjadinya *overfitting*. Lapisan *flatten* mengubah matriks kedalam bentuk vektor, sehingga lapisan *dense* mampu mengeksekusi nilai sampai menghasilkan vektor dengan panjang 6 sesuai dengan jumlah label klasifikasi yang digunakan. Dari keseluruhan proses tersebut menghasilkan total parameter yang dilatih sebanyak 18,119,494 berguna dalam menghasilkan prediksi yang akurat.

2. Sistematika Alat

Setelah didapatkan model dengan tingkat akurasi tertinggi, maka model tersebut akan disimpan dan diimplementasikan ke alat klasifikasi buah nanas yang telah dirancang. Alat yang digunakan dalam mengklasifikasi kematangan dan ukuran buah nanas adalah raspberry pi 3B+ sebagai mikrokontroler menggunakan SD *card* untuk media penyimpanan yang mampu bekerja dalam jangka waktu lama [18] dan kamera pi. Kamera pi bersifat fleksibel karena mampu bekerja dengan semua model raspberry pi termasuk raspberry pi 3B+. Pada pemrosesan gambar digunakan *library* openCV yang bersifat *open source* dengan fitur analisis struktur, kalibrasi kamera, deteksi gerakan serta pengenalan objek [19]. Digunakan TensorFlow sebagai *open source* yang berperan dalam menjalankan model CNN di raspberry pi karena mendukung dalam eksekusi model CNN pada perangkat bergerak dengan performa yang lebih cepat namun minim penggunaan sumber daya. Pada proses pengambilan objek tensorflow

machine learning menggunakan metode transfer learning [20]. Skema perancangan alat yang digunakan seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Skema Alat

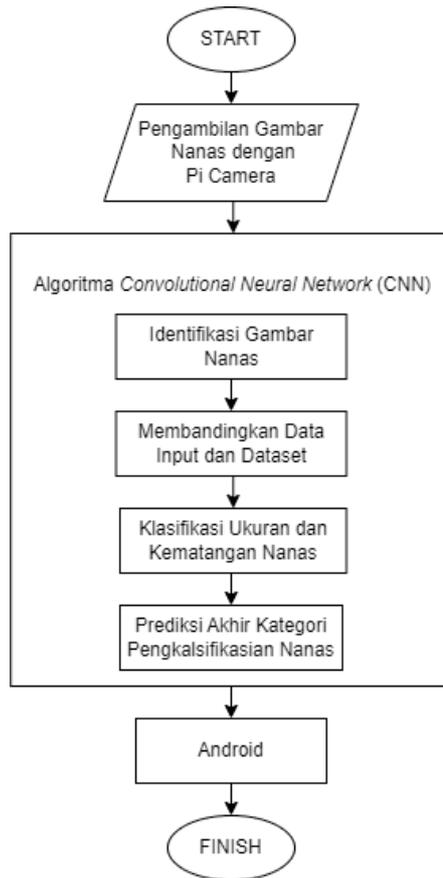
Protokol yang digunakan dalam sistem kerja alat dan android menggunakan protokol HTTP/HTTPS. Raspberry pi akan berkomunikasi dengan server melalui API (*Application Programming Interface*) ke database. Dan dari database akan mengirimkan hasil deteksi agar dapat ditampilkan pada aplikasi android. Untuk jenis database yang digunakan adalah MySQL. Tampilan tabel hasil deteksi pada database dapat dilihat pada gambar 4.

#	Nama	Jenis	Penyortiran	Atribut	Tak Ternilai	Bawaan	Komentar	Ekstra	Tindakan
1	kematangan_nanas	varchar(255)	utf8mb4_general_ci	Tidak	Tidak ada				Ubah Hapus Lainnya
2	ukuran_nanas	varchar(255)	utf8mb4_general_ci	Tidak	Tidak ada				Ubah Hapus Lainnya
3	hasil_deteksi	varchar(25)	utf8mb4_general_ci	Tidak	Tidak ada				Ubah Hapus Lainnya
4	id_pengguna	int(20)		Tidak	Tidak ada				Ubah Hapus Lainnya
5	id	int(11)		Tidak	Tidak ada			AUTO_INCREMENT	Ubah Hapus Lainnya
6	created_at	timestamp		Tidak		current_timestamp()			Ubah Hapus Lainnya

Gambar 4. Tampilan Tabel Hasil Deteksi Pada Database

E. Evaluasi

Pada penelitian ini digunakan metode eksperimen. Peneliti melakukan percobaan testing secara nyata pada alat dalam mengklasifikasi kematangan dan ukuran buah nenas. Adapun tahapan percobaan yang dilakukan sesuai dengan alur kerja pada gambar 5. Tahap penelitian dimulai dengan pengambilan gambar nenas oleh alat. Selanjutnya model CNN akan mengidentifikasi gambar nenas dan membandingkannya dengan data input. Setelah sistem berhasil memprediksi klasifikasi nenas, data klasifikasi akan dikirimkan dari alat menuju android. Hasil keseluruhan deteksi dapat dilihat melalui aplikasi pada android yang telah dirancang. Citra buah nenas yang diambil dari kamera pi akan diidentifikasi dengan hasil model CNN yang telah dibuat. Sehingga didapatkan hasil prediksi untuk kategori nenas yang diklasifikasikan dan data muncul pada aplikasi android yang telah dirancang.



Gambar 5. Percobaan Sistem

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dijelaskan tentang hasil pengujian. Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dengan mentraining dataset sebanyak 100 epoch. Proses training dan validasi model cnn yang telah dirancang dapat dilihat pada gambar 6.

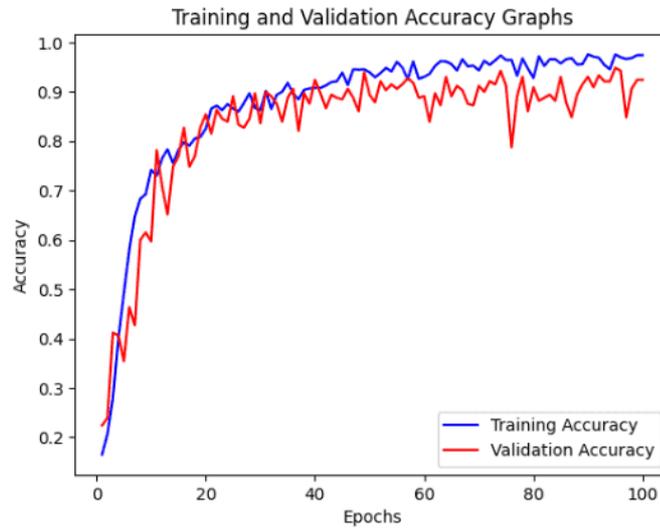
```

42/42 [=====] - 5s 117ms/step - loss: 0.0897 - accuracy: 0.9712 - val_loss: 0.2689 - val_accuracy: 0.9091
Epoch 92/100
42/42 [=====] - 4s 103ms/step - loss: 0.0899 - accuracy: 0.9689 - val_loss: 0.1851 - val_accuracy: 0.9333
Epoch 93/100
42/42 [=====] - 5s 118ms/step - loss: 0.1188 - accuracy: 0.9545 - val_loss: 0.2683 - val_accuracy: 0.9212
Epoch 94/100
42/42 [=====] - 5s 111ms/step - loss: 0.1775 - accuracy: 0.9455 - val_loss: 0.2355 - val_accuracy: 0.9212
Epoch 95/100
42/42 [=====] - 4s 104ms/step - loss: 0.0629 - accuracy: 0.9758 - val_loss: 0.2461 - val_accuracy: 0.9485
Epoch 96/100
42/42 [=====] - 5s 130ms/step - loss: 0.0769 - accuracy: 0.9697 - val_loss: 0.2350 - val_accuracy: 0.9424
Epoch 97/100
42/42 [=====] - 4s 102ms/step - loss: 0.0929 - accuracy: 0.9667 - val_loss: 0.6180 - val_accuracy: 0.8485
Epoch 98/100
42/42 [=====] - 4s 101ms/step - loss: 0.0933 - accuracy: 0.9682 - val_loss: 0.3315 - val_accuracy: 0.9061
Epoch 99/100
42/42 [=====] - 5s 129ms/step - loss: 0.0789 - accuracy: 0.9742 - val_loss: 0.3965 - val_accuracy: 0.9242
Epoch 100/100
42/42 [=====] - 4s 102ms/step - loss: 0.0759 - accuracy: 0.9742 - val_loss: 0.2198 - val_accuracy: 0.9242
  
```

Gambar 6. Proses Training dan Validasi Model CNN

Berdasarkan hasil training yang telah dilakukan didapat hasil nilai akurasi tertinggi sebesar 99,3939% dengan loss training sebesar 2,2773%. Sedangkan untuk hasil validasi menggunakan 20% dataset yang ada menghasilkan nilai akurasi sebesar 92,4242% dengan loss validasi sebesar 2,1983%. Untuk hasil keseluruhan training model dapat dilihat dari grafik yang

ditunjukkan pada gambar 7. Grafik berwarna biru menunjukkan hasil akurasi dari data training dan grafik berwarna merah menunjukkan hasil akurasi dari data validasi selama proses *learning* model. Grafik yang ditunjukkan dapat dikatakan baik dikarenakan rentang perbedaan hasil akurasi antara training dan validasi tidak terlalu jauh, sehingga dapat membuktikan bahwa model yang dilatih sudah baik dalam mengklasifikasi buah nanas berdasarkan kategori yang telah ditentukan.



Gambar 7. Grafik Akurasi Training dan Validasi

Setelah mendapatkan model CNN dengan akurasi yang baik, maka model akan dijalankan pada alat pengklasifikasi buah nanas. Dilakukan proses testing dengan buah nanas asli menggunakan kamera pi dan raspberry pi sebagai mikrokontroller yang memprediksi hasil klasifikasi. Dilakukan percobaan testing sebanyak 15 data uji untuk setiap kategori nanas besar matang, besar setengah matang, sedang matang, sedang setengah matang, kecil matang dan kecil setengah matang. Adapun hasil data yang didapatkan terlihat dalam tabel 3.

TABEL III
HASIL TESTING MENGGUNAKAN ALAT KLASIFIKASI NANAS

No.	Label	Citra Nanas	Hasil Prediksi
1	Besar Matang		Benar
2	Besar Matang		Benar
3	Besar Setengah Matang		Benar
4	Besar Setengah Matang		Benar

5	Sedang Matang		Benar
6	Sedang Matang		Benar
7	Sedang Setengah Matang		Benar
8	Sedang Setengah Matang		Benar
9	Kecil Matang		Benar
10	Kecil Matang		Benar
11	Kecil Setengah Matang		Benar
12	Kecil Setengah Matang		Benar

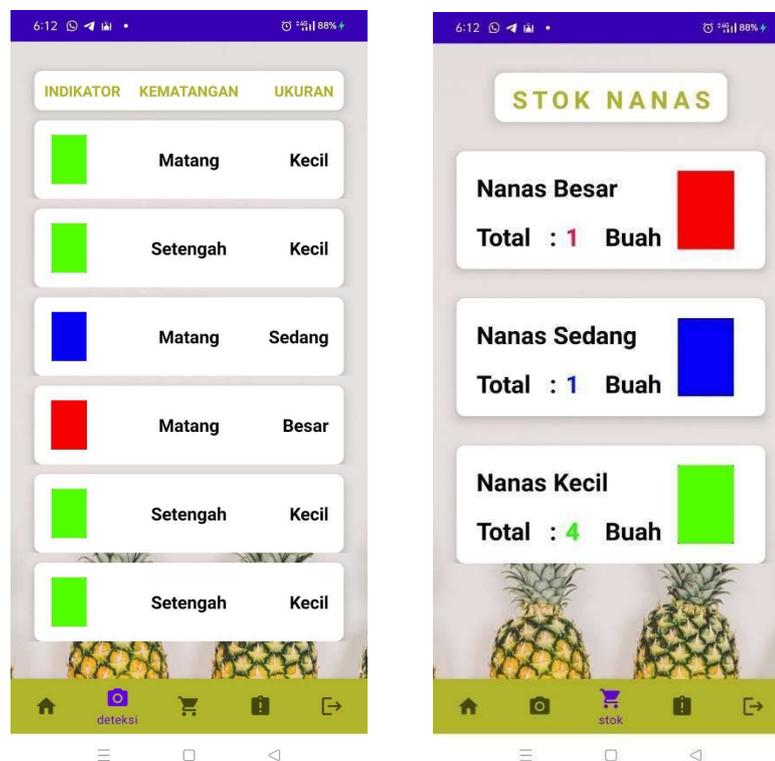
Berdasarkan hasil keseluruhan testing secara real didapatkan hasil klasifikasi untuk 90 data percobaan yang telah dilakukan. Didapatkan hasil untuk kondisi nanas yang diletakkan secara diagonal akan mempengaruhi hasil prediksi dari model ini. Dan juga membuktikan bahwa mahkota dari buah nanas itu sendiri tidak mengganggu hasil prediksi secara signifikan dikarenakan dataset yang diberikan terdiri dari berbagai macam ukuran mahkota untuk setiap labelnya. Dari hasil percobaan dapat dihitung akurasi dari setiap label menggunakan *confusion matrix* seperti yang ditunjukkan pada tabel 4. Didapatkan hasil akurasi dari proses testing pada alat sebesar 90,83%.

TABEL IV
HASIL *CONFUSION MATRIX*

Label	TP	FP	FN	TN	Total	Akurasi
Besar Matang	13	2	0	0	15	86%
Besar Setengah Matang	14	1	0	0	15	93%
Sedang Matang	13	2	0	0	15	86%

Label	TP	FP	FN	TN	Total	Akurasi
Sedang Setengah Matang	12	3	0	0	15	80%
Kecil Matang	15	0	0	0	15	100%
Kecil Setengah Matang	15	0	0	0	15	100%
Akurasi Rata-Rata						90,83%

Adapun berikut tampilan aplikasi android untuk menampilkan hasil klasifikasi dari data yang telah di ambil dan juga stok buah nanas yang telah berhasil diklasifikasi. Pada gambar 8(a) merupakan tampilan dari hasil deteksi ukuran dan kematangan buah nanas, dengan inisialisasi warna untuk buah besar bewarna merah, buah sedang bewarna biru dan buah kecil bewarna hijau. Untuk tampilan stok buah nanas terlihat pada gambar 8(b), dimana stok nanas dibedakan berdasarkan ukuran nanas saja.



Gambar 8. (a) Tampilan Hasil Deteksi (b) Tampilan Stok Nanas

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini mengimplementasikan Convolutional Neural Network (CNN) pada Raspberry Pi untuk mengklasifikasikan kematangan dan ukuran buah nanas. Dari hasil pelatihan, model CNN mencapai akurasi tinggi dengan 99,39% pada data training dan 92,42% pada data validasi. Alat pengklasifikasi buah nanas yang menggunakan model CNN berhasil mencapai akurasi 90,83% dalam mengidentifikasi kematangan dan ukuran buah nanas secara real-time. Aplikasi Android yang dikembangkan memungkinkan para petani untuk melihat hasil klasifikasi dari citra buah nanas serta stok nanas yang telah dikategorikan berdasarkan ukuran. Penelitian ini memiliki signifikansi yang penting karena dapat membantu petani dalam proses sortir dan penentuan harga jual nanas secara efektif. Teknologi *deep learning* seperti CNN dapat memberikan kontribusi besar dalam pengembangan teknologi pertanian dan pengolahan citra digital di Indonesia, sehingga meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam kegiatan pertanian dan industri pengolahan buah-buahan. Adapun saran kedepannya semoga

tingkat akurasi dapat lebih baik lagi untuk real-time dan lebih banyaknya dataset dari berbagai jenis buah nanas.

REFERENSI

- [1] Badan Pusat Statistik, “Produksi Tanaman Buah-buahan 2021,” *bps.go.id*, 2022. <https://www.bps.go.id/indicator/55/62/1/produksi-tanaman-buah-buahan.html> (accessed Jan. 29, 2023).
- [2] H. Herawati and A. Rifin, “Analisis Pemasaran Nenas Palembang (Kasus: Desa Paya Besar, Kecamatan Payaraman, Kabupaten Ogan Ilir, Provinsi Sumatera Selatan),” in *Forum Agribisnis: Agribusiness Forum*, 2013, pp. 147–160.
- [3] F. T. Desy, A. Surtono, A. Supriyanto, and J. Junaidi, “Rancang Bangun Purwarupa Pemilah Nanas Berdasarkan Tingkat Kematangan Menggunakan Mikrokontroler Blue Pill STM32F103C8T6,” *Journal of Energy, Material, and Instrumentation Technology*, vol. 1, no. 3, pp. 81–90, Nov. 2020, doi: 10.23960/jemit.v1i3.27.
- [4] R. A. Syawalia, S. Rasyad, and D. A. Pratama, “Implementasi Fuzzy Logic pada Sistem Sortir Otomatis Alat Penghitung Jumlah Buah Apel,” *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, vol. 6, no. 2, pp. 421–432, 2020.
- [5] F. F. Maulana and N. Rochmawati, “Klasifikasi Citra Buah Menggunakan Convolutional Neural Network,” *Journal of Informatics and Computer Science (JINACS)*, vol. 1, no. 02, 2019.
- [6] Sutisna and F. Chairulloh, “KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN BUAH NANAS BERDASARKAN TEKSTUR GRAY LEVEL CO-OCCURRENCE MATRIX DENGAN METODE SUPPORT VECTOR MACHINE,” *Jurnal Informatika Teknologi dan Sains*, vol. 4, no. 4, pp. 296–301, Nov. 2022, doi: 10.51401/jinteks.v4i4.2047.
- [7] W. S. E. Putra, “Klasifikasi citra menggunakan convolutional neural network (CNN) pada caltech 101,” *Jurnal Teknik ITS*, vol. 5, no. 1, 2016.
- [8] I. A. Sabilla, “Arsitektur Convolutional Neural Network (CNN) untuk Klasifikasi Jenis dan Kesegaran Buah pada Neraca Buah,” *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 2020.
- [9] N. Youssouf, “Traffic sign classification using CNN and detection using faster-RCNN and YOLOV4,” *Heliyon*, vol. 8, no. 12, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e11792.
- [10] U. UNGKAWA and G. AL HAKIM, “Klasifikasi Warna pada Kematangan Buah Kopi Kuning menggunakan Metode CNN Inception V3,” *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 11, no. 3, p. 731, 2023.
- [11] B. Yanto, L. Fimawahib, A. Supriyanto, B. H. Hayadi, and R. R. Pratama, “Klasifikasi Tekstur Kematangan Buah Jeruk Manis Berdasarkan Tingkat Kecerahan Warna dengan Metode Deep Learning Convolutional Neural Network,” *INOVTEK Polbeng-Seri Informatika*, vol. 6, no. 2, pp. 259–268, 2021.
- [12] Y. Bili *et al.*, “Perancangan Alat Pendeteksi Kematangan Buah Nanas Dengan Menggunakan Mikrokontroler Dengan Metode Convolutional Neural Network (CNN),” 2022. [Online]. Available: <http://ojs.fikom-methodist.net/index.php/METHOTIKA>
- [13] N. Saranya, K. Srinivasan, and S. K. P. Kumar, “Banana ripeness stage identification: a deep learning approach,” *J Ambient Intell Humaniz Comput*, vol. 13, no. 8, pp. 4033–4039, Aug. 2022, doi: 10.1007/s12652-021-03267-w.
- [14] I. A. Sabilla, “Arsitektur Convolutional Neural Network (Cnn) Untuk Klasifikasi Jenis Dan Kesegaran Buah Pada Neraca Buah,” *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 2020.
- [15] P. A. Nugroho, I. Fenriana, and R. Arijanto, “Implementasi Deep Learning Menggunakan Convolutional Neural Network (Cnn) Pada Ekspresi Manusia,” *Algor*, vol. 2, no. 1, pp. 12–20, 2020.

- [16] Y. B. E. Purba, N. F. Saragih, A. P. Silalahi, S. Sitepu, and A. Gea, "Perancangan Alat Pendeteksi Kematangan Buah Nanas Dengan Menggunakan Mikrokontroler Dengan Metode Convolutional Neural Network (CNN)," *Jurnal Ilmiah Teknik Informatika METHOTIKA*, vol. 2, no. 1, pp. 13–21, 2022.
- [17] R. Yowandita, "PEMBUATAN JELLY DRINK NANAS (Ananas comosus L) KAJIAN TINGKAT KEMATANGAN BUAH NANAS DAN KONSENTRASI PENAMBAHAN KARAGENAN TERHADAP SIFAT FISIK, KIMIA DAN ORGANOLEPTIK," *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, vol. 6, no. 2, pp. 63–73, Apr. 2018, doi: 10.21776/ub.jpa.2018.006.02.7.
- [18] S. Rossa, "Design & Build Banknote Nominal Identification Tools for Visual Impairment Using Convolutional Neural Network Algorithm and Tensorflow with Android Based," *Logic: Jurnal Rancang Bangun dan Teknologi*, vol. 22, no. 3, pp. 244–252, 2022.
- [19] L. M. Silalahi, I. U. V. Simanjuntak, F. A. Silaban, S. Budiyanto, and M. Ikhsan, "Integration of opencv raspberry pi 3b+ and camera sensor in access control of vehicle ignition key system," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, IOP Publishing, 2020, p. 012002.
- [20] A. Afrizal, S. J. I. Ismail, and G. B. Satrya, "Perancangan Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Deteksi Wajah Berbasis Machine Learning Menggunakan Tensorflow," *eProceedings of Applied Science*, vol. 8, no. 1, 2022.