

KLASIFIKASI BUAH SEGAR MENGGUNAKAN TEKNIK COMPUTER VISION UNTUK PENDETEKSIAN KUALITAS DAN KESEGARAN BUAH

Satrya Darmawan Putra Bahari, Ulinnuha Latifa

Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik

Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl. HS. Ronggo Waluyo, Karawang, Indonesia

satrya.putra19094@student.unsika.ac.id

ABSTRAK

Pendeteksian kualitas dan kesegaran buah segar merupakan aspek penting dalam industri pertanian dan pemasaran buah-buahan. Dalam penelitian ini, kami mengusulkan metode klasifikasi buah apel, jeruk, dan pisang segar menggunakan teknik *Computer Vision*. Tujuan utama penelitian ini adalah mengembangkan sistem otomatis untuk mengenali jenis buah dan menilai kualitas serta kesegarannya berdasarkan gambar digital buah yang diambil secara non-destruktif. Metode yang digunakan meliputi pra-pemrosesan gambar, ekstraksi fitur, dan klasifikasi. Gambar buah diproses untuk mengurangi noise dan meningkatkan kontras, kemudian fitur-fitur penting diekstraksi menggunakan metode ekstraksi fitur berbasis teksur. Fitur-fitur ini digunakan sebagai input untuk algoritma klasifikasi menggunakan pendekatan *Deep Learning* dengan model *Convolutional Neural Network* (CNN). Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode yang diusulkan mampu mengklasifikasikan buah apel, jeruk, dan pisang segar dengan tingkat akurasi yang tinggi. Selanjutnya, kami mengembangkan aplikasi Klasifikasi Jenis dan Kualitas Buah-Buahan berbasis website. Aplikasi ini menggunakan metode Transfer Learning dengan model VGG16 yang dilengkapi dengan arsitektur tambahan *Fully Connected Layer* untuk klasifikasi kualitas buah-buahan, serta metode Deep Learning dengan model CNN untuk klasifikasi jenis buah-buahan. Berdasarkan hasil pengujian akurasi klasifikasi kualitas buah-buahan sebesar 98.17% dan akurasi klasifikasi jenis buah-buahan sebesar 95.38%. Aplikasi ini memberikan manfaat signifikan dalam mengenali jenis dan kualitas buah-buahan dengan akurasi yang baik, memberikan informasi yang tepat dan akurat. Aplikasi ini dapat digunakan sebagai alat bantu dalam memilih buah-buahan dan meningkatkan pengalaman berbelanja buah-buahan secara online maupun offline.

Kata kunci: Klasifikasi, Buah, Computer Vision, Deep Learning, Website

1. PENDAHULUAN

Tahap sebelum memproduksi hasil dari perkebunan salah satunya yaitu dengan penyortiran produk berdasarkan kualitas dari buah-buahan. Proses penyortiran buah masih menggunakan metode tradisional (pengecekan secara manual/satu persatu dengan kebutuhannya banyak tenaga manusia), sementara metode ini sering tidak akurat dan hasilnya bervariasi, karena persepsi yang berbeda dari masing-masing orang.

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi, menjadikan kebutuhan untuk mendapatkan informasi menjadi lebih instant, Banyaknya aplikasi yang menggunakan sensor warna seperti kamera digital, spektroskopi, atau alat deteksi kesegaran ini dapat menentukan buah dan sayur yang segar atau yang kurang segar dan juga dapat mendeteksi buah dan sayur yang busuk, dengan menggunakan sensor warna dan sensor kelembaban, di mana sensor warna yang digunakan untuk menentukan kesegaran buah dan sayur.

Ditambah lagi dengan melonjaknya permintaan pasar maka diperlukan berbagai bentuk teknologi yang dapat membantu untuk percepatan produksi serta mengefisienkan proses setelah produksi buah-buahan. Maka dari itu Aplikasi Pengklasifikasian Jenis dan Kualitas Buah-Buahan ini sangat dibutuhkan agar dapat mengurangi beban pekerja dan biaya yang harus

dikeluarkan dalam melakukan produksi hingga penjualannya.

Selain digunakan oleh seseorang yang memproduksi buah-buahan dalam jumlah yang banyak, aplikasi ini juga dapat digunakan oleh orang yang mengkonsumsi buah-buahan. Karena tidak sedikit orang yang masih belum bisa membedakan mana buah yang segar atau tidak.

Aplikasi yang dibuat menggunakan basis *deep learning* yang merupakan bagian dari *machine learning*, sehingga memudahkan aplikasi untuk memilih serta memilah jenis buah serta kesegarannya berdasarkan Dataset yang telah dilatih saat pembuatan sehingga meminimalisir kesalahan dalam proses klasifikasi yang dilakukan.

Machine learning merupakan bidang studi yang fokus kepada desain dan analisis algoritma sehingga komputer memungkinkan belajar secara mandiri. Menurut Samuel Arthur, *Machine Learning* berisikan sebuah algoritma bersifat umum yang dimana algoritma tersebut memanfaatkan Data untuk menghasilkan sesuatu tanpa harus menulis kode yang spesifik [1] *Machine Learning* memiliki batasan saat banyaknya Data yang diproses maka semakin melambat pula kinerja serta performanya, berbeda dengan pendalaman dari *machine learning* yaitu *deep learning* [2].

Deep learning merupakan metode pembelajaran terhadap Data yang bertujuan untuk membuat representasi (abstraksi) Data secara bertingkat menggunakan sejumlah layer pengolahan Data [3]. Secara garis besar perbedaan, *deep learning* mampu memproses Data dalam jumlah banyak dalam lingkup yang lebih spesifik. Berbanding terbalik dengan *machine learning*, *deep learning* memiliki performa yang lebih baik dengan semakin banyak Data yang diproses.

Berdasarkan permasalahan tersebut penelitian ini dibuatlah aplikasi klasifikasi buah yang akan menggunakan *deep learning* dengan metode CNN serta struktur VGG16 serta aplikasi berbasis *website* dengan bahasa pemrograman *python*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Artificial Intelligence

Artificial Intelligence merupakan sebuah studi mengenai cara membangun sebuah komputer atau program komputer yang memungkinkan berjalan sendiri atau berpikir sendiri [4]. Teknologi *Artificial Intelligence* saat ini semakin banyak digunakan dalam rancang bangun sebuah program atau model komputer sehingga dapat melakukan banyak kegiatan yang bisa mengganti campur tangan manusia dengan maksud mengurangi kesalahan yang terjadi akibat *human error*.

2.2. Machine Learning

Studi Machine Learning berkaitan dengan algoritma untuk belajar bagaimana melakukan tugas-tugas tertentu secara otomatis, yang biasanya dilakukan oleh manusia. Belajar dalam konteks ini mencakup kemampuan untuk melakukan aktivitas yang sudah dikenal serta untuk mengambil kesimpulan baru dengan benar berdasarkan pola yang telah diamati sebelumnya [5].

2.3. Deep Learning

Deep Learning merupakan bagian dari *Artificial Intelligence* dan *Machine Learning*. Hal ini melibatkan pengembangan jaringan saraf berlapis-lapis yang dapat melakukan tugas-tugas khusus seperti pengenalan objek, pengenalan ucapan, terjemahan bahasa, dan sebagainya. Dibandingkan dengan teknik *machine learning* konvensional, *deep learning* memiliki perbedaan karena secara otomatis dapat mewakili Data seperti gambar, video, atau teks tanpa perlu aturan pengkodean atau pengetahuan domain manusia yang lebih spesifik [6].

2.4. Convolutional Neural Networks (CNN)

Convolutional Neural Networks atau yang disingkat (CNN) merupakan bagian dari kategori utama saat menggunakan pengenalan gambar serta klasifikasi gambar. Bidang tersebut mencakup pengenalan objek (*object detection*), pengenalan wajah (*face detection*), dan masih banyak lagi bidang dimana CNN dapat digunakan. Klasifikasi Gambar

CNN melalui proses mulai dari mengambil gambar masukan, mengolahnya, lalu mengklasifikasikan gambar tersebut ke dalam satu kategori tertentu. Pada studi kasus saat ini adalah buah-buahan yang dijadikan objek untuk diproses yaitu apel, jeruk, dan pisang.

Komputer melihat gambar atau citra yang diinput sebagai piksel dan bergantung pada resolusi gambar. Dari resolusi gambar tersebut mulai dari tinggi, lebar, dan dimensi dari gambar. Misalnya, gambar dengan *array* dengan matriks $5 \times 5 \times 3$ RGB yang dimana nilai 3 mengacu pada nilai RGB [7].

Satu hal yang dilakukan secara teknis guna melatih dan menguji model *deep learning* CNN adalah setiap gambar input akan melewati serangkaian lapisan konvolusional dengan filter (kernel), penyatuan, lapisan yang terhubung sepenuhnya (FC), dan menggunakan fungsi *softmax* untuk mengklasifikasikan objek menurut probabilitas biner yang mencakup nilai 0 dan 1. Kemudian diproses pada aliran CNN untuk memproses gambar input dan mengklasifikasikan objek berdasarkan nilai tersebut

2.5. VGG16

Arsitektur VGG16, merupakan *Convolutional Neural Network* (CNN) yang sederhana dan populer, telah digunakan secara luas dalam proyek basis Data visual *ImageNet* untuk pengenalan objek visual. Dikembangkan dan diperkenalkan oleh Karen Simonyan dan Andrew Zisserman dari *University of Oxford*, arsitektur VGG16 didokumentasikan dalam makalah tahun 2014 mereka yang berjudul "*Very Deep Convolution Networks for Large-Scale Image Recognition*". "VGG" adalah singkatan dari *Visual Geometry Group*, sebuah kelompok peneliti di *University of Oxford* yang bertanggung jawab atas pengembangan arsitektur ini, sedangkan angka "16" menunjukkan bahwa arsitektur ini terdiri dari 16 lapisan [8].

2.6. Evaluasi dan Implementasi

Evaluasi yang digunakan pada tahap *modelling* terhadap aplikasi yang dikembangkan ini menggunakan metrik seperti akurasi, presisi, *recall*, dan *f1 score*. *Tools confusion* matriks juga digunakan untuk mengevaluasi hasil perolehan prediksi yang berguna untuk mengetahui banyaknya Data aktual supaya dapat diprediksi dengan benar dan banyaknya kesalahan prediksi pada Data [9].

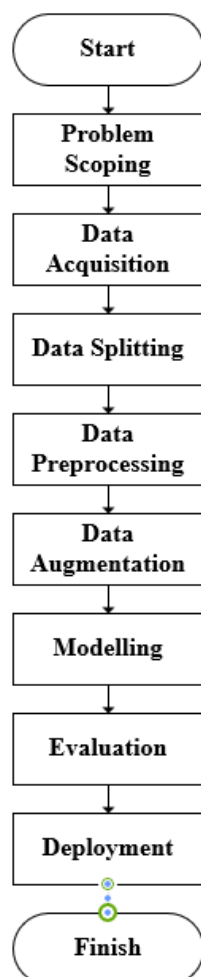
Pada tahap *deployment* atau tahapan akhir dari pembuatan aplikasi, *framework* web yang digunakan adalah *flask*. *Flask* ditulis menggunakan bahasa pemrograman *Python* yang diklasifikasikan sebagai jenis *microframework*. *Flask* disini bertindak sebagai kerangka kerja aplikasi serta memonitor web. Perpaduan antara *flask* dan *python* memungkinkan pengembangan membuat jaringan terstruktur dan mengelola aktivitas jaringan dengan cukup mudah [10].

Selain *flask*, digunakan juga *bootstrap* pada pembuatan aplikasi berbasis web ini. *Bootstrap* adalah

perpustakaan HTML, CSS, dan JS yang difokuskan pada penyederhanaan pengembangan halaman web informatif, bukan aplikasi web. Tujuannya adalah menerapkan pilihan warna, ukuran, font, dan tata letak Bootstrap ke proyek web. Setelah diimplementasikan, Bootstrap memberikan gaya dasar untuk semua elemen HTML, menghasilkan tampilan yang konsisten untuk paragraf, tabel, dan elemen formulir di berbagai browser. Pengembang juga dapat menggunakan kelas CSS yang telah ditentukan dalam Bootstrap untuk menyesuaikan tampilan konten mereka. Misalnya, Bootstrap menyediakan tabel dengan latar belakang berwarna terang dan gelap, gaya judul halaman, kutipan yang menonjol, serta teks dengan sorotan khusus [11].

3. METODE PENELITIAN

Tahapan-tahapan yang dilakukan mulai dari pembuatan hingga pengumpulan Data setelah aplikasi dibuat dan melewati proses *development* sebagai berikut



Gambar 1. Diagram Alur *Modelling Machine Learning*

3.1. Problem Scoping

Problem Scoping merupakan tahapan pencarian masalah yang terjadi di lingkungan masyarakat, pada penelitian ini topik yang diambil adalah masalah yang terjadi pada masyarakat mengenai sortir buah-buahan setelah panen dan pemilahan buah untuk konsumen terhadap buah yang ada dihadapan mereka khususnya buah apel, jeruk, dan pisang.

3.2. Data Acquisition

Data Acquisition merupakan tahapan pengumpulan Data atau mencari Data maupun statistik yang berhubungan dengan permasalahan yang ada. Proses ini termasuk tahapan yang cukup penting karena dengan adanya Data yang diterima membuat penelitian atau alat yang akan dibuat lebih berguna dan efektif terhadap permasalahan yang ada atau permasalahan yang akan diatasi dengan hasil penelitian yang akan dilakukan.

3.3. Data Splitting

Metode Data splitting, juga dikenal sebagai pemisahan Data, merupakan teknik yang digunakan untuk membagi Data menjadi dua atau lebih subset yang membentuk sub-himpunan Data. Secara umum, Data splitting memisahkan Data menjadi dua bagian, di mana bagian pertama digunakan untuk pengujian atau evaluasi Data, sementara Data yang lain digunakan untuk melatih model [12].

Dalam konteks pengertian, metode, dan kegunaannya, Data splitting menjadi hal yang penting dalam bidang ilmu Data, terutama dalam pembuatan model berbasis Data. Teknik ini membantu memastikan bahwa model Data yang dibangun memiliki tingkat akurasi yang memadai dan dapat digunakan dalam proses lanjutan, seperti machine learning.

3.4. Data Preprocessing

Proses Data *preprocessing* melibatkan konversi Data mentah ke dalam format yang lebih mudah dipahami. Tujuan dari proses ini adalah untuk memperbaiki kesalahan yang umumnya terjadi pada Data mentah, seperti kekurangan informasi dan format yang tidak teratur.

Dalam proses *preprocessing*, terdapat dua tahap utama, yaitu validasi Data dan imputasi Data. Tahap validasi bertujuan untuk mengevaluasi tingkat kelengkapan dan akurasi Data yang telah disaring. Sementara itu, tahap inputasi bertujuan untuk memperbaiki kesalahan dan mengisi nilai yang hilang, baik melalui intervensi manual maupun menggunakan program business process automation (BPA).

Kualitas Data memiliki dampak langsung terhadap kesuksesan proyek yang melibatkan analisis Data. Pada konteks *machine learning*, Data preprocessing memiliki peran penting dalam memastikan bahwa big Data telah diformat dengan benar dan informasinya dapat dipahami oleh algoritma

perusahaan, sehingga menghasilkan hasil yang lebih akurat [13].

3.5. Data Augmentation

Teknik augmentasi Data dirancang untuk meningkatkan jumlah Data yang Anda miliki dengan mengubah Data yang telah ada. Dengan menerapkan augmentasi Data, Data baru akan dimunculkan yang dapat digunakan untuk melatih model *machine learning*.

Pada penelitian ini dikhususkan untuk melakukan modifikasi dari sampel Data gambar padab buah-buahan mulai dari modifikasi ukuran gambar, warna gambar, kontras gambar, hingga pencerminan gambar supaya Data gambar menjadi lebih layak pakai untuk digunakan pada model *machine learning* sehingga mengurangi waktu pelatihan pada modelnya serta mendapatkan tingkat akurasi yang lebih tinggi.

3.6. Modelling

Pada tahapan *modelling* atau rancang model pada *machine learning* dalam penelitian ini digunakan kategori *Convolutional Neural Networks* (CNN atau *ConvNets*). CNN ini berfungsi sebagai pengenalan gambar pada sistem komputer yang dimana komputer dapat mengenali gambar dengan cara memecah gambar tersebut menjadi barisan kode biner yang memudahkan komputer untuk membaca, karena pada dasarnya komputer tidak dapat melihat gambar. Komputer hanya dapat membaca barisan kode yang melabelkan gambar atau warna yang kemudian dapat ditampilkan barisan kode yang dimaksud adalah satuan piksel.

Secara spesifik metode CNN yang digunakan pada penelitian ini adalah VGG16 atau (*Very Deep Convolution Networks for Large-Scale Image Recognition*) yang ditemukan oleh *Visual Graphics Group* yaitu kelompok penelitiannya yang berasal dari Universitas Oxford.

3.7. Evaluasi

Berdasarkan hasil *modelling* serta *training* yang telah dilakukan selama penelitiannya terjadi, dilakukan beberapa tahapan untuk menguji ketepatan serta kualitas dari aplikasi *machine learning* supaya didapatkan hasil yang maksimal serta memiliki tingkat akurasi yang tinggi dengan tingkat *error* atau kesalahan yang sudah sangat diminimalisir. Teknik pengujian yang dilakukan menggunakan perhitungan akurasi, presisi, *recall*, serta *f1 score*.

3.8. Deployment

Pada proses ini, dilakukan persiapan untuk *deploy* atau meluncurkan aplikasi supaya dapat digunakan secara umum. Proses *deployment* yang dilakukan menggunakan sistem *hosting* sendiri menggunakan *framework flask* yang menggunakan jaringan pribadi untuk menghosting web supaya dapat dilakukan pengujian. Hal ini dikarenakan model aplikasi *machine learning* yang dibuat pada penelitian

ini menggunakan web sebagai tampilan tatap muka terhadap pengguna bukan menggunakan aplikasi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Memuat hasil dan pembahasan tentang skripsi yang telah dilakukan

4.1. Data Acquisition

Proses pengambilan Data pada penelitian ini dilakukan dengan cara mencari serta menggunakan Dataset yang sudah tersedia pada *repository* di *website Kaggle*. Data yang diambil serta digunakan meliputi Dataset untuk gambar apel, jeruk, dan pisang. Selain jenis buah, Dataset gambar kesegaran dan kebusukan dari ketiga buah tersebut diambil yang nantinya akan digunakan untuk *modelling* terhadap *machine learning* yang dibuat.

4.2. Data Splitting

Pada tahapan ini dilakukan pemilahan Dataset sehingga digolongkan menjadi beberapa kelompok gambar yang nantinya akan memudahkan dalam proses *modelling*. Secara detail, Datasetnya terbagi menjadi 6 kelas dengan masing-masing jumlah tiap kelasnya terdiri dari apel segar sebanyak 1693 gambar, pisang segar sebanyak 1581 gambar, jeruk segar sebanyak 1466 gambar, apel busuk sebanyak 2342 gambar, pisang busuk sebanyak 2224 gambar, jeruk busuk sebanyak 1595 gambar.

4.3. Data Preprocessing dan Augmentasi Data

Pada proses pembersihan data dan augmentasi data, dilakukan untuk memaksimalkan beberapa data pelatihan, kemudian “memperbesar” keseluruhan data dengan cara melakukan sejumlah transformasi acak. Hal ini akan membantu mencegah terjadinya *overfitting* dan membantu model untuk menggeneralisasi lebih baik. Pada TensorFlow dapat dilakukan dengan melalui kelas `tf.keras.preprocessing.image.ImageDataGenerator`. Kelas ini dapat memungkinkan untuk:

- Konfigurasi transformasi acak dan operasi normalisasi yang akan dilakukan pada data gambar selama pelatihan.
- Inistate generator dari kumpulan gambar yang diperbesar (dan labelnya) melalui `.flow(data, labels)` atau `.flow_from_directory(directory)`. Generator ini kemudian dapat digunakan dengan metode model `tf.keras` yang menerima generator data sebagai input, `fit`, `evaluate`, dan `predict`.

Kemudian pada proses augmentasi data dilakukan proses seperti berikut:

- `width_shift` dan `height_shift` adalah rentang (sebagai pecahan dari total lebar atau tinggi) untuk menerjemahkan gambar secara vertikal atau horizontal secara acak
- `rescale` adalah nilai yang digunakan untuk mengalikan data sebelum pemrosesan lainnya. Gambar asli kami terdiri dari koefisien RGB dalam 0-255, tetapi nilai tersebut akan terlalu tinggi untuk diproses oleh model kami 13

(mengingat tingkat pembelajaran yang khas), jadi kami menargetkan nilai antara 0 dan 1 sebagai gantinya dengan penskalaan dengan 1/255. faktor.

- `shear_range` adalah untuk menerapkan transformasi geser secara acak
- `zoom_range` adalah untuk memperbesar gambar secara acak
- `fill_mode` adalah strategi yang digunakan untuk mengisi piksel yang baru dibuat, yang dapat muncul setelah rotasi atau pergeseran lebar/tinggi.
- `horizontal_flip` adalah strategi yang digunakan untuk membuat gambar dengan *flip* horizontal.
- `vertical_flip` adalah strategi yang digunakan untuk membuat gambar dengan *flip* vertikal.

4.4. Modelling

Pada proses *modelling*, berikut tahapan-tahapan yang dilakukan pada pembuatan model *machine learning* yang digunakan untuk klasifikasi gambar buah-buahan serta kesegarannya.

Dimulai dari *training* pada model VGG16 terhadap kualitas buah-buahan segar ataupun busuknya

- Arsitektur Model VGG16 Pengklasifikasi Kualitas Buah-Buahan. Berikut hasil arsitektur model VGG16 kami yang telah dikembangkan dengan penambahan *Fully Connected Layers*.

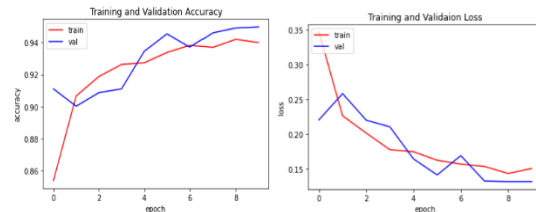
Layer (type)	Output Shape	Param #
Input_1 (InputLayer)	[(None, 150, 150, 3)]	0
block1_conv1 (Conv2D)	(None, 150, 150, 64)	1792
block1_conv2 (Conv2D)	(None, 150, 150, 64)	36928
block1_pool (MaxPooling2D)	(None, 75, 75, 64)	0
block2_conv1 (Conv2D)	(None, 75, 75, 128)	73856
block2_conv2 (Conv2D)	(None, 75, 75, 128)	147394
block2_pool (MaxPooling2D)	(None, 37, 37, 128)	0
block3_conv1 (Conv2D)	(None, 37, 37, 256)	295168
block3_conv2 (Conv2D)	(None, 37, 37, 256)	508800
block3_pool (MaxPooling2D)	(None, 18, 18, 256)	0
block4_conv1 (Conv2D)	(None, 18, 18, 512)	1180288
block4_conv2 (Conv2D)	(None, 18, 18, 512)	2359808
block4_conv3 (Conv2D)	(None, 18, 18, 512)	2359808
block4_pool (MaxPooling2D)	(None, 9, 9, 512)	0
block5_conv1 (Conv2D)	(None, 9, 9, 512)	2359808
block5_conv2 (Conv2D)	(None, 9, 9, 512)	2359808
block5_pool (MaxPooling2D)	(None, 4, 4, 512)	0
flatten_1 (Flatten)	(None, 8192)	0
dense_1 (Dense)	(None, 1024)	8396932
dense_2 (Dense)	(None, 256)	262400
dropout_1 (Dropout)	(None, 256)	0
dense_3 (Dense)	(None, 1)	257

Gambar 2. Arsitektur Model VGG16

- Hasil Evaluasi Model VGG16 Pengklasifikasi Kualitas Buah-Buahan Berikut hasil evaluasi model VGG16 kami yang telah dikembangkan dengan penambahan *Fully Connected Layers*.

epoch 1/10	loss: 0.4000/step - loss: 0.3405 - accuracy: 0.8518 - val_loss: 0.2286 - val_accuracy: 0.9111
epoch 2/10	loss: 0.2204/step - loss: 0.2204 - accuracy: 0.9067 - val_loss: 0.2082 - val_accuracy: 0.9083
epoch 3/10	loss: 0.2056/step - loss: 0.2056 - accuracy: 0.9188 - val_loss: 0.2081 - val_accuracy: 0.9088
epoch 4/10	loss: 0.1777/step - loss: 0.1777 - accuracy: 0.9264 - val_loss: 0.2395 - val_accuracy: 0.9111
epoch 5/10	loss: 0.1748/step - loss: 0.1748 - accuracy: 0.9274 - val_loss: 0.1645 - val_accuracy: 0.9346
epoch 6/10	loss: 0.1626/step - loss: 0.1626 - accuracy: 0.9339 - val_loss: 0.1415 - val_accuracy: 0.9415
epoch 7/10	loss: 0.1578/step - loss: 0.1578 - accuracy: 0.9383 - val_loss: 0.1603 - val_accuracy: 0.9372
epoch 8/10	loss: 0.1496/step - loss: 0.1496 - accuracy: 0.9371 - val_loss: 0.1328 - val_accuracy: 0.9461
epoch 9/10	loss: 0.1457/step - loss: 0.1457 - accuracy: 0.9421 - val_loss: 0.1328 - val_accuracy: 0.9402
epoch 10/10	loss: 0.1308/step - loss: 0.1308 - accuracy: 0.9486 - val_loss: 0.1339 - val_accuracy: 0.9408

Gambar 3. Hasil Loss dan Akurasi Model VGG16



Gambar 4. Grafik Loss dan Akurasi Model VGG16

Berdasarkan pemodelan yang telah dilakukan, dari *epoch* 1 sampai *epoch* 10 didapatkan hasil akurasi *training* sebesar 94% dengan nilai *loss training* sebesar 0.1508 dan hasil akurasi *validation* 94.98% dengan nilai *loss validation* sebesar 0.1319. Maka, dapat dikatakan evaluasi model yang kami lakukan sudah memiliki nilai yang baik.

```
Found 273 images belonging to 2 classes.
273/273 [====] - 3s 9ms/step - loss: 0.0638 - accuracy: 0.9817
Accuracy test: 0.9816849827766418
Loss test: 0.06182816617082624
```

Gambar 5. Hasil Pengujian Model VGG16



Gambar 6. Hasil Confusion Matrix Model VGG16

Pada tahapan *training* terhadap model VGG16 untuk melakukan klasifikasi jenis buah-buahan, untuk arsitekturnya dapat dilihat pada gambar berikut:

- Arsitektur Model CNN Pengklasifikasi Jenis Buah-Buahan

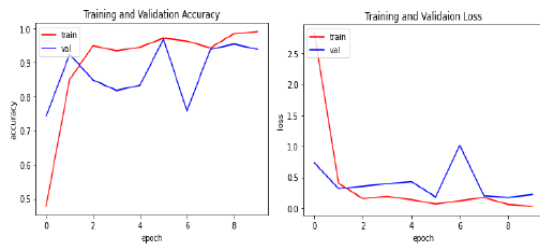
Layer (type)	Output Shape	Param #
conv2d (Conv2D)	(None, 150, 150, 64)	1792
max_pooling2d (MaxPooling2D)	(None, 75, 75, 64)	0
conv2d_1 (Conv2D)	(None, 75, 75, 64)	36928
max_pooling2d_1 (MaxPooling2D)	(None, 37, 37, 64)	0
conv2d_2 (Conv2D)	(None, 37, 37, 64)	36928
max_pooling2d_2 (MaxPooling2D)	(None, 18, 18, 64)	0
flatten_1 (Flatten)	(None, 28736)	0
dense_1 (Dense)	(None, 128)	2654336
dense_2 (Dense)	(None, 3)	387

Gambar 7. Arsitektur Model CNN

epoch 1/10	loss: 0.4000/step - loss: 0.3405 - accuracy: 0.8518 - val_loss: 0.2286 - val_accuracy: 0.9111
epoch 2/10	loss: 0.2204/step - loss: 0.2204 - accuracy: 0.9067 - val_loss: 0.2082 - val_accuracy: 0.9083
epoch 3/10	loss: 0.2056/step - loss: 0.2056 - accuracy: 0.9188 - val_loss: 0.2081 - val_accuracy: 0.9088
epoch 4/10	loss: 0.1777/step - loss: 0.1777 - accuracy: 0.9264 - val_loss: 0.2395 - val_accuracy: 0.9111
epoch 5/10	loss: 0.1748/step - loss: 0.1748 - accuracy: 0.9274 - val_loss: 0.1645 - val_accuracy: 0.9346
epoch 6/10	loss: 0.1626/step - loss: 0.1626 - accuracy: 0.9339 - val_loss: 0.1415 - val_accuracy: 0.9415
epoch 7/10	loss: 0.1578/step - loss: 0.1578 - accuracy: 0.9383 - val_loss: 0.1603 - val_accuracy: 0.9372
epoch 8/10	loss: 0.1496/step - loss: 0.1496 - accuracy: 0.9371 - val_loss: 0.1328 - val_accuracy: 0.9461
epoch 9/10	loss: 0.1457/step - loss: 0.1457 - accuracy: 0.9421 - val_loss: 0.1328 - val_accuracy: 0.9402
epoch 10/10	loss: 0.1308/step - loss: 0.1308 - accuracy: 0.9486 - val_loss: 0.1339 - val_accuracy: 0.9408

Gambar 8. Hasil Loss dan Akurasi Model CNN

b. Hasil Evaluasi Model CNN Pengklasifikasi Jenis Buah-Buahan

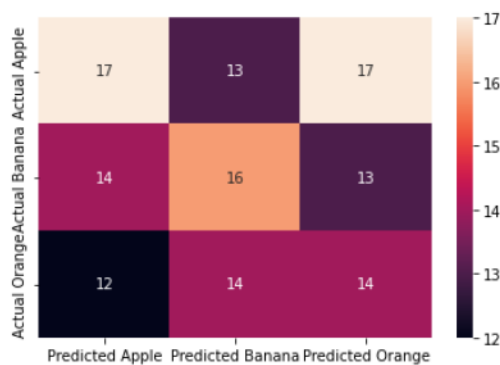


Gambar 9 Grafik Loss dan Akurasi Model CNN

Berdasarkan pemodelan yang telah dilakukan, dari *epoch* 1 sampai *epoch* 10 didapatkan hasil akurasi *training* sebesar 99.13% dengan nilai *loss training* sebesar 0.0277 dan hasil validasi akurasi sebesar 93.94% dengan nilai validasi *loss* sebesar 0.2190. Maka, dapat dikatakan evaluasi model yang telah dibuat sudah memiliki nilai yang baik.

```
Found 130 images belonging to 3 classes.
130/130 [=====] - 1s 7ms/step - loss: 0.1718 - accuracy: 0.9538
Accuracy test: 0.9538461565971375
Loss test: 0.17176774144172668
```

Gambar 10. Hasil Pengujian Model CNN



Gambar 11. Hasil Confusion Matrix CNN

4.5. Deployment

Setelah proses *modelling* pada penelitian ini telah dilakukan, tahapan selanjutnya adalah *deployment* atau tahapan untuk meluncurkan model *machine learning* yang nantinya dapat digunakan oleh pengguna. Pada penelitian ini khususnya, proses *deployment* dilakukan dengan menggunakan *website* sebagai tampilan antarmuka untuk pengguna.

Berikut tampilan *website* yang telah dibuat untuk digunakan setelah dihosting menggunakan *local host*.



Gambar 12. Tampilan web antarmuka

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian diatas, dapat disimpulkan bahwa kesegaran buah merupakan faktor penting dalam pemilihan dan pembelian buah-buahan. Dengan adanya model ini, pengguna dapat memperoleh informasi yang berguna untuk memilih buah segar yang sesuai dengan kebutuhan mereka. Oleh karena itu, dibuatlah model *machine learning* menggunakan metode VGG16 untuk klasifikasi buah jeruk, apel, dan pisang serta penilaian kesegarannya dengan menggunakan *website* sebagai tampilan antarmuka bertujuan untuk membantu para petani yang baru melakukan panen supaya memudahkan petani untuk melakukan penyortiran.

Metode VGG16, yang merupakan arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN), digunakan untuk melatih model yang dapat mengklasifikasikan jenis buah jeruk, apel, dan pisang. Model ini memiliki kemampuan yang baik dalam mengenali ciri-ciri visual dari masing-masing jenis buah tersebut. Model *machine learning* yang telah dilatih dengan menggunakan metode VGG16 dapat memberikan hasil klasifikasi buah yang akurat. Tingkat akurasi model pada *training* klasifikasi jenis buah-buahan yang memiliki nilai validasi sebesar 99.13% dan pada *training* klasifikasi kualitas dari ketiga buah-buahan tersebut tingkat akurasinya mencapai 94% dirasa sudah memadai untuk digunakan. Pengguna dapat melihat hasil klasifikasi buah jeruk, apel, dan pisang dengan informasi yang tepat dan akurat.

Model juga dapat menilai kesegaran buah berdasarkan gambar yang diunggah oleh pengguna. Penggunaan *website* sebagai tampilan antarmuka memberikan kemudahan bagi pengguna untuk mengakses aplikasi pengklasifikasian buah. Pengguna dapat mengunggah gambar buah yang ingin diklasifikasikan melalui antarmuka *website* ini. Hal ini memungkinkan pengguna untuk mendapatkan informasi mengenai kualitas dan kesegaran buah yang akan mereka beli atau konsumsi. Selain itu juga diharapkan aplikasi berbasis *website* ini dapat digunakan untuk konsumen yang baru membeli buah, khususnya buah apel, jeruk, dan pisang.

Saran yang dapat diberikan oleh penulis adalah penambahan beberapa fitur atau training lebih banyak jenis dataset sangat diperlukan, seperti penambahan jenis buah-buahan dapat dilakukan dengan menambahkan gambar sebagai bahan *training* model. Modifikasi pada tampilan antarmuka bagi pengguna juga dapat dilakukan, atau bahkan mengalihkan dari berbasis *website* menjadi basis aplikasi pada sistem *android*. Selain itu juga peningkatan pada tahapan *modelling* tingkat akurasi klasifikasi kualitas kesegaran buah-buahan dapat dilakukan dengan menambahkan lebih banyak lagi dataset, akan tetapi itu akan memakan usaha dan waktu yang lebih banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dakiki, I., (2021), Machine Learning: Teori, Studi Kasus dan Implementasi Menggunakan Python. *UR Press*. (pp. 6-7.)
- [2] Trivusi, (2022, Maret 13). Apa Bedanya Artificial Intelligence, Machine Learning, dan Deep Learning?. Diakses pada Juni 11, 2023, dari <https://www.trivusi.web.id/2022/03/perbedaan-ai-ml-dl.html>
- [3] Heryadi, Y., Irwansyah, E., 2020. Deep Learning: Aplikasinya di Bidang Geospasial. *AWI Technology Press*, (pp. 8-9)
- [4] Russell, S., Norvig, P., 2021. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Pearson India Education Services Private Limited, (pp. 2-3).
- [5] Shalev-Shwartz, S., & Ben-David, S. (2013). Understanding machine learning: From theory to algorithms (Vol. 9781107057). Cambridge University Press. DOI: 10.1017/CBO9781107298019.
- [6] S Universitas Gadjah mada. (2018, Juni 10). Pengenalan Deep Learning. Universitas Gadjah Mada menara ilmu. Diakses pada Juni 11, 2023, dari <https://machinelearning.mipa.ugm.ac.id/2018/06/10/pengenalan-deep-learning/>
- [7] ICHI.PRO. Memahami Convolutional Neural Network (CNN) - Deep Learning. Diakses pada Juni 11, 2023, dari <https://ichi.pro/id/memahami-convolutional-neural-network-cnn-deep-learning-168732222943560>
- [8] ICHI.PRO. Apa itu VGG16? — Pengantar VGG16. Diakses pada Juni 11, 2023, dari <https://ichi.pro/id/apa-itu-vgg16-pengantar-vgg16-267001881294357>
- [9] Holidin, U. 2019. LinkedIn. AKURASI DAN PRESISI. Diakses pada Juni 11, 2023, dari <https://id.linkedin.com/pulse/akurasi-dan-presisi-uu-holidin>
- [10] Maulid, R. 2021. DQLAB. Mengenal Flask, Library Machine Learning Python Idaman Developer. Diakses pada Juni 11, 2023, dari <https://dqlab.id/mengenal-flask-library-machine-learning-python-idaman-developer>
- [11] Rozi A. Zaenal & Community Smit Dev, 2015. Bootstrap Design Framework. Jakarta: PT Elex Media Komputindo. (pp. 1-2.).
- [12] Trivusi, (2022, September 16). Data Splitting: Pengertian, Metode, dan Kegunaannya. Diakses pada Juni 12, 2023, dari <https://www.trivusi.web.id/2022/08/Data-splitting.html>
- [13] Dharma, Rifqi., (2022 Agustus 22), Accurate. Data Preprocessing: Pengertian, Manfaat, dan Tahapan Kerjanya. Diakses pada Juni 12, 2023, dari [https://accurate.id/teknologi/Data-preprocessing/#Apa Itu Data Preprocessing](https://accurate.id/teknologi/Data-preprocessing/#Apa%20Itu%20Data%20Preprocessing)