SISTEM PENDETEKSIAN PENGGUNAAN MASKER PADA WAJAH MENGGUNAKAN METODE *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* DAN *HAAR CASCADE CLASSIFIER*

Imam Arief Al Baihaqy[1], Asmunin[2]

D4 Manajemen Informatika, Universitas Negeri Surabaya
[1]*ariefbaihaqy.19006@gmail.com*
[2]asmunin@unesa.ac.id

Abstrak*— Pada awal tahun 2020, Indonesia dihebohkan oleh wabah Covid-19 yang menyebar dengan cepat. Pandemi ini menelan banyak korban dan melumpuhkan perekonomian dunia. Meskipun Indonesia bergerak menuju transisi dari pandemi menjadi endemi, masyarakat tetap dihimbau oleh pemerintah agar tetap waspada dengan menjaga protokol kesehatan, terutama penggunaan masker di lingkungan tertutup. Sayangnya, kesadaran masyarakat terhadap protokol kesehatan masih kurang, dan masih terjadinya pelanggaran. Maka dari itu dikembangkan "Sistem Pendeteksian Penggunaan Masker Menggunakan Convolutional Neural Network dan Haar Cascade Classifier". Sistem ini memanfaatkan Machine Learning dan Computer Vision untuk mendeteksi penggunaan masker secara real-time. Setelah melalui proses training dengan model InceptionV3, sistem ini mencapai akurasi sebesar 96,69%. Sistem ini dapat mendeteksi individu yang menggunakan masker, tidak menggunakan masker, dan salah menggunakan masker pada jarak 50cm hingga 120cm dengan pencahayaan terang. Tujuannya diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pendeteksian masker dan mengurangi penyebaran Covid-19 maupun virus serta penyakit lainnya yang penyebarannya melalui udara.

***Kata kunci*— Sistem deteksi masker, *Machine Learning*, CNN, *InceptionV3*, *Haar Cascade Classifier*.**

Abstract*— At the beginning of 2020, Indonesia was shocked by the fast-spreading of Covid-19. This pandemic has caused significant casualties and severe economic downturns. Although Indonesia is transitioning from pandemic to endemic, the government continues to emphasize the importance of adhering to health protocols, particularly mask usage. Unfortunately, public awareness of health protocols is still lacking, and violations still occur. Therefore, "Mask Wear Detection System Using Convolutional Neural Network and Haar Cascade Classifier" was developed. This system employs Machine Learning and Computer Vision to detect mask usage in real-time. With training using the InceptionV3 model, the system achieves 96.69% of accuracy. This application can identify individuals who wear masks correctly, not wearing masks, and wearing masks improperly within a 50cm to 120cm range with bright lighting conditions. This research aims to enhance mask detection efficiency and reduce the spread of Covid-19 and other viruses or diseases that spread through the air.

***Keywords*— Mask detection system, Machine Learning, CNN, InceptionV3, Haar Cascade Classifier.**

I. PENDAHULUAN

Pada awal tahun 2020, Indonesia dihebohkan oleh munculnya virus corona atau Covid-19 yang menyebar dengan cepat dari Wuhan, China [1]. Virus ini memiliki gejala seperti sakit tenggorokan, kehilangan indera penciuman, batuk kering, demam, kelelahan, dan sakit kepala. Kementerian Kesehatan (Kemkes) Republik Indonesia mengeluarkan kebijakan protokol kesehatan yang mewajibkan penggunaan masker untuk mencegah penyebaran virus ini. Namun, kurangnya kesadaran masyarakat terhadap pentingnya penggunaan masker menyebabkan terjadinya pelanggaran terhadap protokol kesehatan ini. Pada Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan Masyarakat (PPKM) di Kota Surabaya pada Januari 2021, tercatat sekitar 75% masyarakat melanggar protokol kesehatan yang didominasi oleh warga tidak memakai masker [2].

Dalam konteks ini, penelitian ini mengembangkan "Sistem Pendeteksian Penggunaan Masker Menggunakan *Convolutional Neural Network* dan *Haar Cascade Classifier*". Metode ini memanfaatkan teknologi *Deep Learning*, khususnya *Convolutional Neural Network* (CNN) dan *Haar Cascade Classifier* untuk mendeteksi penggunaan masker secara akurat dan efisien. Arsitektur *InceptionV3* digunakan pada tahap *training*, *InceptionV3* telah dilatih menggunakan dataset *ImageNet* yang luas dan kompleks, terdiri dari lebih dari 1,2 juta gambar dengan 1000 kategori yang berbeda. Melalui proses ini, model *InceptionV3* telah mampu mempelajari representasi fitur yang umum dan menjadi fitur ekstraktor yang kuat untuk tugas pengenalan objek. [3].

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem yang mampu mendeteksi dan mengklasifikasikan individu yang menggunakan masker, tidak menggunakan masker, dan salah menggunakan masker. Pengujian sistem ini akan dilakukan dengan menggunakan *webcam* secara *real-time* dengan berbagai skenario pengujian.

Dengan adanya sistem pendeteksian masker ini, diharapkan dapat membantu dalam meningkatkan efisiensi pendeteksian masker dan mengurangi penyebaran Covid-19 maupun virus serta penyakit lainnya yang penyebarannya melalui udara.

II. TINJAUAN PUSTAKA

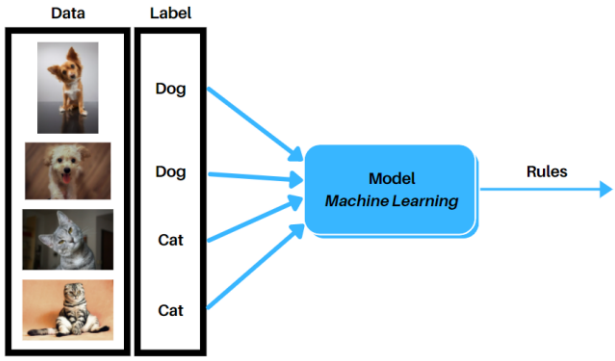
A. Deteksi Wajah

Deteksi wajah merupakan teknologi komputer yang dibangun dengan suatu algoritma yang berfokus pada pendeteksian objek wajah manusia. Dalam teknologi deteksi wajah, proses pendeteksian wajah adalah tahap pemrosesan awal dari pengenalan objek wajah. Deteksi wajah ini menentukan bagian wajah mana yang muncul pada citra masukan. Keberhasilan proses deteksi wajah berdampak kuat pada kinerja dan kegunaan sistem pengenalan wajah [4].

B. *Machine Learning*

Pembelajaran mesin atau biasa disebut dengan *Machine Learning* adalah pendekatan *Artificial Intelligence* atau kecerdasan buatan yang membangun model statistika berdasarkan pola data yang diberikan dalam membuat keputusan untuk memprediksi dan mengklasifikasikan data baru di masa depan [5].

Machine Learning atau pembelajaran mesin telah dipelajari secara luas dan digunakan dalam menyelesaikan masalah. Pemecahan masalah itu sendiri disesuaikan dengan suatu algoritma tertentu dan terbagi menjadi tiga kategori, yaitu *supervised learning*, *unsupervised learning*, dan *reinforcement learning* [6]. Algoritma pembelajaran mesin mencari pola tertentu di setiap kumpulan data untuk menentukan karakteristik setiap data dan kemudian disimpulkan sebuah aturan baru. Aturan inilah yang digunakan dalam mengidentifikasi dan memprediksi data baru yang terkait dengan model yang dimiliki.



Gambar. 1 Ilustrasi algoritma *machine learning [7]*

C. *Deteksi Wajah*

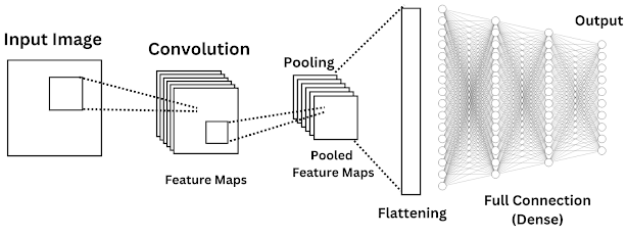
Model komputasi yang dikenal sebagai *Deep Learning* atau pembelajaran mendalam terdiri dari lapisan pemrosesan yang disusun berlapis-lapis untuk mengeksplorasi representasi data dengan berbagai tingkat (*multilevel*) abstraksi [8]. Pembelajaran mendalam termasuk dalam bidang *Machine Learning* dengan algoritma *artificial neural network* jaringan saraf tiruan yang bisa mengenali atau belajar dan menyesuaikan diri dengan sejumlah besar data. Arsitektur algoritma *artificial neural network* dalam *Deep Learning* ini seperti struktur otak manusia. Algoritma ini memungkinkan mesin untuk melihat pola dari data yang tidak terstruktur atau data yang fiturnya tidak dapat ditentukan secara langsung. Contohnya, data gambar, teks, audio, dan video.

Multi Layer Perceptron (MLP) merupakan sebuah *neural network* atau jaringan saraf yang terdiri dari satu layer input, satu atau lebih *hidden layer*, dan satu *output layer*. Istilah *Layer Perceptron* (MLP) mengacu pada representasi data yang pengembangannya menggunakan banyak lapisan atau *layer*. Sebagai gambaran, lapisan pertama mempelajari kontur atau warna dalam sebuah gambar, lapisan kedua mempelajari bentuk atau sudut, kemudian lapisan yang lebih tinggi mempelajari konsep yang kompleks seperti ukuran, bentuk, dan bagian mana yang terhubung satu sama lain [9]. Jaringan saraf tiruan *Multi Layer Perceptron* mirip seperti halnya bayi yang baru lahir yang memiliki sedikit informasi dan pengetahuan. Seiring waktu bayi yang belajar akan dapat meningkatkan informasi dan pengetahuannya tentang dunia sekitar. Begitu juga dengan *Multi Layer Perceptron* ketika dilatih dengan sebuah data.

D. *Convolutional Neural Network*

Convolutional Neural Network (CNN) atau jaringan saraf konvolusi merupakan salah satu metode dalam pembelajaran mendalam yang memungkinkan untuk melakukan pendeteksian dan pengidentifikasian objek dalam gambar digital. Ini terdiri dari neuron yang tersusun secara tiga dimensi, dengan panjang, lebar, dan tinggi [10]. Pada dasarnya, prinsip kerjanya mirip dengan *Multi Layer Perceptron* (MLP), yang menerapkan algoritma *backpropagation* dalam klasifikasi data. Meskipun demikian, CNN lebih menonjol dari MLP karena arsitekturnya melibatkan pengenalan pola langsung dari piksel gambar, sehingga meminimalkan prapemrosesan atau biasa dikenal dengan *preprocessing* [11].

Backpropagation adalah sebuah algoritma yang digunakan untuk pelatihan MLP, sementara CNN menerapkan filter konvolusi dan *max pooling*. Pada Gambar. 2 terlihat gambar input dideteksi atribut atau fiturnya melalui 6 filter konvolusi. Selanjutnya *max pooling* dilakukan sehingga menghasilkan hasil konvolusi sebanyak 6 gambar dengan resolusi lebih rendah. Akhirnya, hasil dari *max pooling* kemudian dimasukkan ke dalam *hidden layer* MLP [12].



Gambar. 2 Arsitektur CNN [13]

E. *Haar Cascade Classifier*

Haar Cascade Classifier merupakan pendekatan berbasis *Machine Learning* dimana fungsi cascade dilatih dengan memberikan gambar positif dan negatif kepada *classifier*. Kemudian karakteristik ditarik keluar dari gambar. Setiap karakteristik adalah nilai individual, yang diperoleh dengan mengurangi jumlah piksel dalam persegi

panjang putih dari penjumlahan piksel dalam persegi panjang hitam. Sehingga dapat mendeteksi wajah pada setiap individu yang berbeda dan di lingkungan yang berbeda [14]. Hal ini digunakan untuk mendeteksi objek dalam bentuk gambar dan video. Algoritma ini mampu mendeteksi dengan cepat dan *real-time* sebuah objek termasuk wajah manusia [15].

F. *Cross Entropy*

Cross Entropy adalah sebuah *loss function* yang sering digunakan dalam tugas klasifikasi. Cara kerjanya dengan cara mengukur perbedaan antara dua distribusi probabilitas yang berkaitan dengan variabel acak atau urutan kejadian tertentu.

Pendekatan *Cross Entropy* ini digunakan disaat menyesuaikan bobot model selama pelatihan. Hal ini bertujuan untuk meminimalkan *loss* atau kerugian, yang dimana semakin kecil nilai *loss* maka semakin baik nantinya model akan berjalan. Sebuah model *Machine Learning* yang baik dan sempurna ditunjukkan dengan nilai *Cross Entropy loss* sebesar 0. Secara umum, pendekatan ini cocok untuk klasifikasi multi-kelas dan multi-label [16].

G. *InceptionV3*

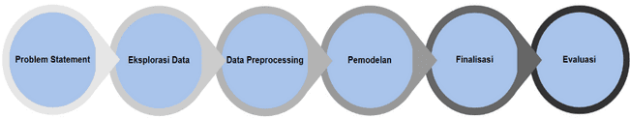
InceptionV3 adalah salah satu arsitektur jaringan saraf konvolusi (*Convolutional Neural Network*) yang dikembangkan oleh Google pada tahun 2015. Arsitektur ini dirancang khusus untuk tugas pengenalan gambar dan telah mencapai performa yang sangat baik dalam berbagai tantangan pengenalan objek pada dataset *ImageNet*.

InceptionV3 menggunakan ide utama dari modul "*Inception*" yang menggabungkan filter konvolusi dengan ukuran yang berbeda secara paralel. Hal ini memungkinkan jaringan untuk mempelajari fitur-fitur pada berbagai skala secara efisien. Arsitektur ini juga melibatkan penggunaan teknik seperti *pooling*, *batch normalization*, dan penggunaan non-linearitas ReLU (*Rectified Linear Unit*) untuk meningkatkan kapabilitas jaringan. *InceptionV3* telah dilatih pada dataset *ImageNet* yang sangat besar dan kompleks. Dataset *ImageNet* terdiri dari lebih dari 1,2 juta gambar dengan 1000 kategori yang berbeda. Dengan melatih *InceptionV3* pada dataset ini, model telah mempelajari representasi fitur yang lebih umum dan dapat digunakan sebagai fitur ekstraktor yang kuat untuk berbagai tugas pengenalan objek [3].

III. METODE PENELITIAN

A. *Tahapan Penelitian*

Tahapan penelitian yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar. 3 yang merupakan struktur pembuatan model *Machine Learning* yang meliputi permasalahan yang akan diselesaikan, melakukan eksplorasi data, data *preprocessing*, pembuatan model *Convolutional Neural Network*, menggunakan *Haar Cascade Classifier* untuk melakukan pengujian dan finalisasi secara *real-time*, lalu melakukan evaluasi performa, akurasi model dan akurasi pengujian aktual.



Gambar. 3 Tahapan penelitian

1. *Problem Statement*

Tahap awal sebelum membuat model Machine Learning adalah menentukan problem statement atau perumusan masalah yang akan diselesaikan. Pada tahap ini ditentukan permasalahan yang akan diselesaikan dan bagaimana penerapan model jaringan saraf tiruan dapat menyelesaikannya. Dalam hal ini dibuat model jaringan saraf tiruan untuk dapat memprediksi penggunaan masker pada wajah.

2. *Eksplorasi Data*

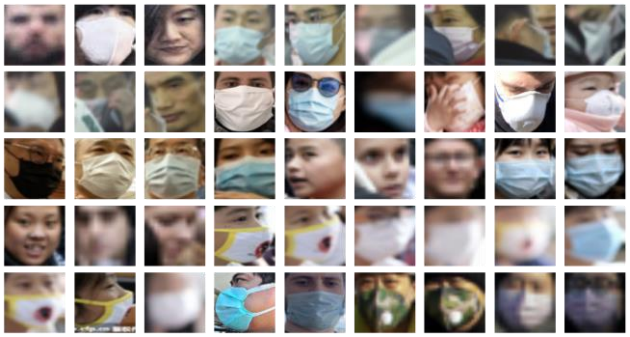
Data yang digunakan pada penelitian ini didapatkan dari salah satu situs penyedia dataset open source Kaggle yang dapat dilihat pada tautan berikut: *https://www.kaggle.com/datasets/andrewmvd/face-mask-detection*. Pada dataset ini berisi 853 gambar yang termasuk dalam 3 kelas, serta kotak pembatas (*bounding box*) untuk setiap gambar dalam format PASCAL VOC (*Visual Object Classes*). Terdapat dua folder didalamnya yaitu *images* dan *annotations*, dimana pada folder *images* terdapat 853 gambar yang termasuk dalam 3 kelas, yaitu “menggunakan masker”, “tidak menggunakan masker”, “salah menggunakan masker”. Sedangkan folder *annotations* pada dataset ini berisi file anotasi dalam format PASCAL VOC (*Visual Object Classes*) yang menyediakan informasi tentang lokasi kotak pembatas (*bounding box*) dari objek wajah manusia dan penandaan apakah objek tersebut termasuk dalam kelas menggunakan masker, tidak menggunakan masker, atau salah menggunakan masker.

Gambar. 4 Isi dataset

3. *Data Preprocessing*

Pada tahap *data preprocessing* ini dilakukan proses *resize* pada citra menjadi 100x100 piksel dan mengonversi citra warna dari BGR ke RGB. Proses *preprocessing* juga melibatkan *cropping* ROI pada setiap objek wajah pada setiap gambar. Dengan demikian, setiap objek yang berhasil diproses memberikan kontribusi sebagai satu data tambahan dalam total dataset yang digunakan dalam

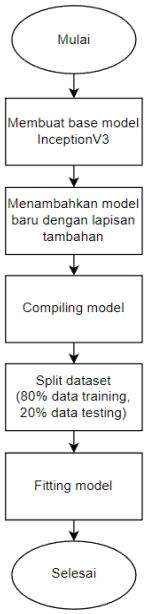
penelitian ini. Dalam kasus model jaringan saraf, bentuk nilai piksel dari gambar baru dapat berfungsi sebagai informasi baru yang dapat dipelajari oleh model. Dengan adanya data tambahan ini, performa model akan dapat meningkat dan dapat menghasilkan prediksi yang akurat. Pada Gambar. 5 Merupakan hasil dari tahapan *data preprocessing.*



Gambar. 5 *Data preprocessing*

4. *Pemodelan dan Pelatihan*

Pada tahapan ini dataset yang telah dilakukan proses *data preprocessing* akan dilakukan pemodelan dengan *Convolutional Neural Network* (CNN). Dalam proses ini model dilatih untuk memperoleh tingkat akurasi yang baik dari klasifikasi yang dilakukan.



Gambar. 6 Tahap pemodelan dan pelatihan

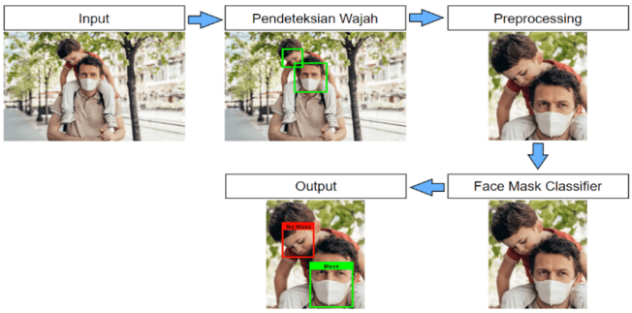
Dalam membangun model *Convolutional Neural Network* (CNN) arsitektur *pre-trained model InceptionV3* dengan *pre-trained weights* dari dataset *ImageNet* digunakan untuk mengekstraksi atribut pada gambar dengan menggunakan layer konvolusi. Proses klasifikasi pada model CNN ini berfokus pada atribut-atribut unik yang membedakan tiap kategori.

Setelah membuat arsitektur model CNN, maka tahap selanjutnya yaitu melakukan *compile* model. Pada tahap *compile* model, *optimizer* yang digunakan adalah '*adam'*, dan jenis *loss function* yang digunakan dalam melakukan *compile* model ini menggunakan jenis *'categorical_crossentropy'*. *Optimizer* digunakan untuk mengoptimalkan bobot input dengan membandingkan prediksi dan *loss function*.

Sebelum tahap terakhir dari pemodelan adalah membagi dataset menjadi 80% *data training* dan 20% *data testing*, setelah itu dilanjutkan pada tahap akhir yaitu melakukan '*model.fit'* untuk melatih model pada data masukan dan label yang bersesuaian. Jumlah iterasi atau *epoch* yang ditentukan (dalam hal ini 15 *epoch*) menentukan berapa kali seluruh data latih akan dilalui oleh model. Setiap epoch mewakili satu kali proses melalui seluruh data latih, sehingga model dapat belajar dari data dan meningkatkan akurasinya seiring berjalannya epoch.

5. *Pengujian dan Finalisasi*

Setelah tahapan pemodelan, dilanjutkan dengan tahapan pengujian dan finalisasi, pada tahapan ini dilakukan proses pengujian model dengan *Haar Cascade Classifier* untuk memprediksi gambar baru secara *real-time* untuk melihat apakah model sudah berjalan dengan baik. Adapun alur kerja dari sistem pendeteksian masker dapat dilihat pada Gambar. 7 berikut.

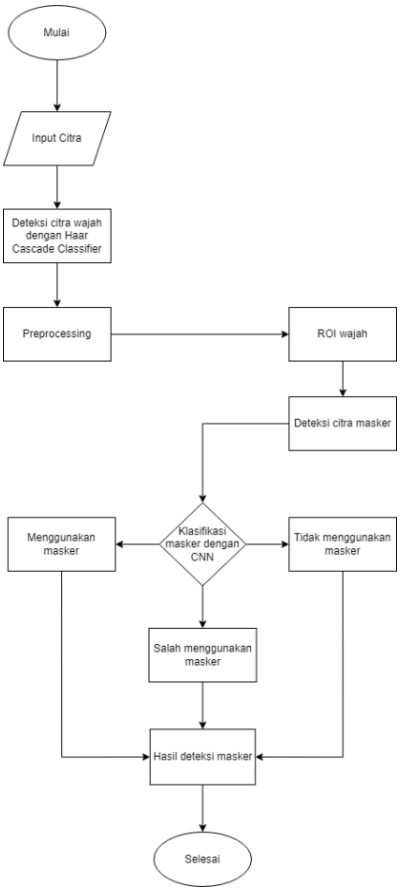


Gambar. 7 Alur kerja deteksi masker [17]

6. *Evaluasi performa model*

Evaluasi dilakukan untuk melihat bagaimana performa model pada data uji (*data testing*) setelah melatih model dengan data latih (*data training*). Dalam melakukan tahap evaluasi ini library *matplotlib* digunakan untuk membuat grafik dari *accuracy* dan *loss* model pada saat proses pelatihan untuk melihat proses keseluruhan pembelajaran model seiring waktu. Dalam melakukan visualisasi grafik *accuracy* dan *loss* model akan menggunakan objek *history* yang menampung informasi dari *accuracy* dan *loss* model pada setiap *epoch* di proses pelatihan. Dengan memanggil metode 'model.evaluate' dari TensorFlow, akan menghasilkan dan mencetak metrik performa *accuracy* dan *loss*, sehingga dapat dilihat bagaimana performa model yang telah dilatih pada data uji (*data testing*). Semakin tinggi *accuracy*, semakin baik model dalam melakukan prediksi yang sesuai dengan label kategorikal yang sebenarnya. *Loss* yang lebih rendah juga menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan yang baik dalam meminimalkan kesalahan dalam prediksi.

B. *Rancangan Sistem*

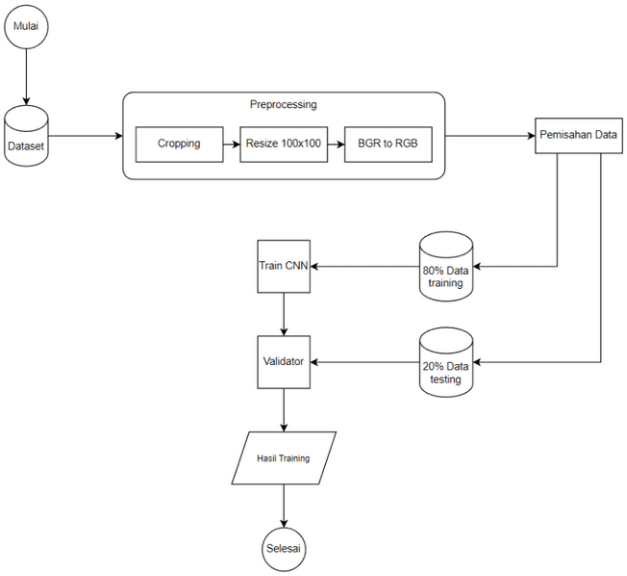


Gambar. 8 Rancangan sistem

Berdasarkan Gambar. 8 Input dalam program ini adalah masukan citra wajah akan dideteksi dengan *Haar Cascade Classifier* lalu dilakukan proses *preprocessing*, kemudian akan didapatkan *Region of Interest* (ROI) pada wajah, serta deteksi pada citra masker. Gambar video yang diambil langsung dengan *webcam* secara *real-time*, dan setiap frame per detiknya akan diproses. Tahap terakhir, *Convolutional Neural Network* (CNN) akan mengklasifikasikan apakah objek wajah yang terdeteksi memakai masker, tidak memakai masker, atau salah dalam memakai masker. Pada objek wajah yang dideteksi akan ditandai dengan kotak pembatas berwarna yang sesuai dengan label prediksi. Jika objek yang terdeteksi menggunakan masker, maka sistem akan memberikan label prediksi "Menggunakan Masker", jika tidak menggunakan masker, program akan memberikan label prediksi "Tidak Menggunakan Masker", dan jika objek yang terdeteksi salah dalam menggunakan masker, maka sistem akan memberikan label prediksi "Salah Menggunakan Masker".

Sistem deteksi masker wajah ini menggunakan data gambar dua dimensi untuk mendeteksi masker. Data dipisahkan menjadi dua kategori yaitu, data pelatihan (*data training*) dan data uji (*data testing*). Model *Convolutional Neural Network* dilatih menggunakan data pelatihan. Sedangkan data uji digunakan untuk mengevaluasi model CNN yang telah dilatih. Data pelatihan dan data uji merupakan kumpulan gambar orang yang menggunakan masker, tidak menggunakan masker, dan salah dalam menggunakan masker.

C. *Rancangan Pelatihan*



Gambar. 9 Rancangan pelatihan

Pada Gambar. 9 menggambarkan skema pelatihan model *Machine Learning*, pertama-tama dataset akan dilakukan *preprocessing* terlebih dahulu, seperti melakukan *cropping*, *resizing* gambar menjadi 100x100 piksel, lalu mengonversi warna dari BGR ke RGB. Setelah dilakukan *preprocessing* selanjutnya dilakukan pemisahan data menjadi 80% *data training*, dan 20% *data testing*. Kemudian *data training* tersebut dilakukan pelatihan dengan *Convolutional Neural Network* arsitektur *InceptionV3* dengan menentukan jumlah *epoch* dan *batch size*. Seiring berjalannya waktu pelatihan, *data testing* ini menjadi validator sehingga nantinya setelah proses pelatihan selesai, dapat dilihat seberapa tingkat persentase *test accuracy* dan *test loss* model yang telah dilatih.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Hasil Penelitian*

Pada penelitian ini, total gambar pada dataset awal yang didapatkan adalah sebanyak 853 gambar. Namun, setelah dilakukan proses *preprocessing* yang melibatkan *cropping* ROI pada setiap objek pada setiap gambar, jumlah data meningkat menjadi 4,072. Dengan demikian, setiap objek yang berhasil diproses memberikan kontribusi sebagai satu data tambahan dalam total dataset yang digunakan dalam penelitian ini. Adapun persamaan yang digunakan pada metode 'model.evaluate' untuk menghitung akurasi sebagai berikut:

$$Accuracy = \frac{Number\ of\ correct\ predictions}{Total\ number\ of\ predictions}$$

Gambar. 10 Persamaan perhitungan akurasi model

Dalam persamaan tersebut, *Number of correct predictions* merupakan jumlah data pada *data testing* yang diprediksi dengan benar oleh model, sedangkan *Total number of predictions* adalah jumlah keseluruhan *data testing* yang digunakan untuk evaluasi performa model. Pada tahap evaluasi performa model didapatkan bahwa model dapat melakukan prediksi dengan benar pada 788 dari 815 *data testing*. Sehingga perhitungan menjadi sebagai berikut:

$$Accuracy = \frac{Number\ of\ correct\ predictions}{Total\ number\ of\ predictions} = \frac{788}{815} = 0{,}9669$$

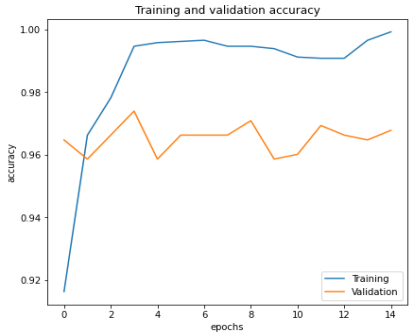
Gambar. 11 Hasil perhitungan akurasi model

Dalam metode untuk menghitung akurasi, menggunakan persamaan pada Gambar. 10 dengan jumlah prediksi benar sebanyak 788 dan jumlah total *data testing* sebanyak 815, didapatkan akurasi sebesar 0,9669 atau 96,69%.

Sedangkan perhitungan nilai *loss* atau kerugian dengan metode 'model.evaluate' dilakukan secara otomatis oleh TensorFlow dan hasilnya memberikan indikasi tentang seberapa baik model dalam melakukan prediksi terhadap *data testing.*

1. *Hasil Akurasi*

Pada Gambar. 12 berikut merupakan plot metrik pembelajaran model seiring waktu dengan jumlah iterasi (*epoch*) sebanyak 15 dengan menampilkan akurasi model saat dilakukan pelatihan.



Gambar. 12 Plot metrik akurasi model

Dari plot metrik akurasi model pada Gambar. 12 didapatkan nilai akurasi sebesar 0,9669 atau 96,69%.

2. *Hasil Loss*

Nilai *loss* atau kerugian digunakan untuk mengetahui perbedaan atau kesalahan antara distribusi probabilitas yang diprediksi oleh model dengan distribusi label yang sebenarnya pada *data testing*. Dalam hal ini nilai *loss* yang baik dapat dikatakan apabila mendekati angka 0. Pada Gambar. 11 berikut ditunjukkan plot metrik pembelajaran model seiring waktu yang menampilkan *loss* model saat pelatihan.

Gambar. 13 Plot metrik *loss* model

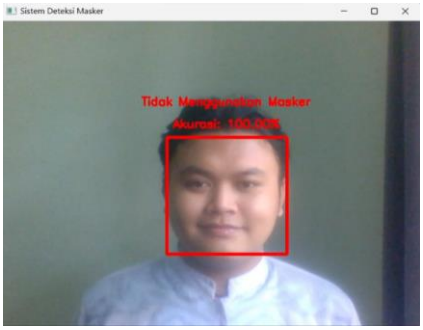
Dari plot metrik akurasi model pada Gambar. 13 didapatkan nilai akurasi sebesar 0,2302 atau 23,02%.

B. *Hasil Pengujian*

Berikut ini merupakan hasil pengujian yang dilakukan secara *real-time* dengan melakukan 3 variasi percobaan yang berbeda.

Gambar. 14 Objek wajah menggunakan masker

Pada Gambar. 14 ditunjukkan apabila objek wajah yang terdeteksi menggunakan masker oleh sistem akan ditandai dengan *bounding box* berwarna hijau dengan label prediksi "Menggunakan Masker" serta besaran persentase akurasinya. Sedangkan pada Gambar. 15 objek wajah yang terdeteksi tidak menggunakan masker akan ditandai dengan *bounding box* berwarna merah dengan label prediksi "Tidak Menggunakan Masker". Dan pada Gambar. 16 objek wajah yang terdeteksi salah menggunakan masker akan ditandai dengan *bounding box* berwarna kuning dengan label "Salah Menggunakan Masker".



Gambar. 15 Objek wajah tidak menggunakan masker

Gambar. 16 Objek wajah salah menggunakan masker

Selain itu dilakukan juga pengujian secara *real-time* dengan 6 skenario pengujian dengan 45 variasi percobaan atau penggunaan masker. Skenario tersebut mencakup pengujian berdasarkan posisi wajah dan jarak antara pengguna dari kamera *webcam*, jenis dan warna masker, warna masker wanita berhijab, warna masker dan intensitas pencahayaan, objek yang menutupi hidung dan mulut namun bukan masker, dan pendeteksian 2 objek. Dari pengujian tersebut didapatkan 37 dari 45 total gambar variasi percobaan dapat dideteksi dan diprediksi dengan benar oleh sistem, terdapat 8 kesalahan yang dihasilkan oleh sistem seperti, sistem tidak dapat mendeteksi objek wajah dan sistem melakukan kesalahan prediksi. Untuk menghitung akurasi pada pengujian secara aktual ini, dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan pada Gambar. 10 sehingga pada pengujian secara aktual ini didapatkan akurasi sebesar 0,8222 atau 82,22%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem deteksi masker mampu melakukan pendeteksian dan memprediksi dengan baik dan akurat. Hasil ini merupakan hasil yang bagus untuk kasus pendeteksian penggunaan masker.

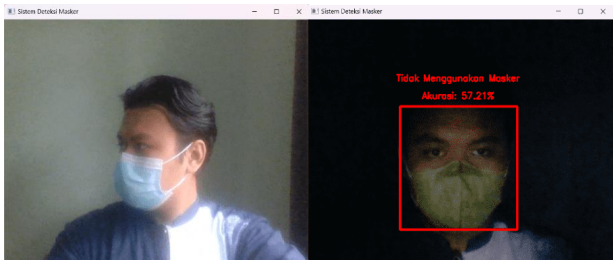
C. Pembahasan

Setelah melakukan serangkaian pengujian dengan 6 skenario beserta 45 varias percobaan penggunaan masker, dapat ditarik kesimpulan bahwa sistem deteksi masker dapat mendeteksi penggunaan masker dengan baik dan benar. Sistem deteksi masker ini bekerja dengan memanfaatkan teknik pengolahan citra dan pembelajaran mesin (*Machine Learning*) untuk mengenali dan membedakan apakah objek wajah yang dideteksi menggunakan masker, tidak menggunakan masker, atau salah menggunakan masker.

Saat sistem deteksi masker memberikan hasil prediksi yang tinggi, rendah, maupun salah dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya, posisi wajah, intensitas pencahayaan, motif masker yang digunakan, dan objek yang menutupi hidung dan mulut.

Akan tetapi, faktor intensitas pencahayaan memiliki pengaruh yang dominan dalam melakukan kesalahan prediksi. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, pada kondisi intensitas pencahayaan yang gelap, objek wajah yang menggunakan masker berwarna hijau dapat terdeteksi, namun sistem salah dalam memberikan hasil prediksi, hal ini ditunjukkan ketika objek wajah yang menggunakan masker berwarna hijau disimpulkan oleh sistem tidak menggunakan masker, seharusnya sistem memberikan prediksi bahwa objek wajah tersebut sedang menggunakan masker. Dan ketika objek menggunakan masker berwarna hitam, sistem deteksi masker tidak dapat mendeteksinya sama sekali. Namun, begitu diberikan pencahayaan tambahan di area wajah, sistem deteksi masker dapat mendeteksi adanya penggunaan masker dengan benar.

Sistem deteksi masker juga sulit untuk mendeteksi pada variasi percobaan posisi wajah sedikit miring kiri, sedikit miring kanan, samping kiri, dan samping kanan wajah disebabkan karena metode *Haar Cascade Classifier* yang digunakan untuk melakukan pendeteksian objek wajah hanya dapat mendeteksi objek dengan orientasi dan rotasi yang relatif konvensional atau menghadap ke depan (*frontal face*). Sehingga jika wajah memiliki orientasi atau rotasi yang ekstrem, seperti wajah yang miring, sistem akan kesulitan untuk melakukan pendeteksian.



Gambar. 17 Kesalahan prediksi

V. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) arsitektur *InceptionV3* dan *Haar Cascade Classifier* mampu untuk melakukan pendeteksian dan memprediksi objek wajah yang menggunakan masker, tidak menggunakan masker, dan salah menggunakan masker. Pada model yang dibangun ini menghasilkan nilai akurasi sebesar 96,69%, sedangkan pada pengujian aktual dengan melakukan 6 skenario dan 45 variasi percobaan penggunaan masker, didapatkan nilai akurasi sebesar 82,22%. Hal ini menunjukkan bahwa performa dari sistem deteksi masker mampu melakukan pendeteksian dan memprediksi penggunaan masker dengan baik dan akurat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi yang berharga dalam penelitian ini. Terima kasih kepada Bapak Asmunin, S.Kom., M.Kom. yang telah memberikan wawasan dan masukan yang berharga dalam tahap perencanaan dan pelaksanaan penelitian ini.

Penulis juga ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada keluarga dan teman-teman penulis atas dukungan, semangat, dan pengertian yang diberikan sepanjang perjalanan penelitian ini.

Terima kasih atas segala dukungan dan kontribusi yang diberikan. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi yang berarti..

REFERENSI

[1] S. Mallapaty, "What the cruise-ship outbreaks reveal about COVID-19," Nature, vol. 580, no. 7801, 2020.J. Breckling, Ed., *The Analysis of Directional Time Series: Applications to Wind Speed and Direction*, ser. Lecture Notes in Statistics. Berlin, Germany: Springer, 1989, vol. 61.

[2] E. Maharani, "75 Persen Pelanggaran PPKM Surabaya karena tak Pakai Masker," 22 Januari 2021. Diakses dari: https://news.republika.co.id/berita/qnbpwi335/75-persen-pelanggaran-ppkm-surabaya-karena-tak-pakai-masker.

[3] Szegedy, C., Vanhoucke, V, et al., "Rethinking the Inception Architecture for Computer Vision," *arXiv*, 2015.

[4] Nurhamidah, U. D., "*Aplikasi Self Check-In Menggunakan Metode Viola-Jones*," Departemen Teknik Elektro, Yogyakarta, 2018.

[5] Janiesch, C., Zschech, P, et al., "Machine learning and deep learning," *Electron Markets*, vol. 31, pp. 685–695, 2021.

[6] Roihan, A., Sunarya, P. A., & Rafika, A. S. "Pemanfaatan Machine Learning dalam Berbagai Bidang: Review Paper," *IJCIT*, vol. 5, no. 1, 2020.

[7] "Pengenalan Machine Learning," oleh dsi_admin, 10 Mei 2021. Diakses dari: https://datasains.co.id/2021/05/10/pengenalan-machine-learning/.

[8] LeCun, Y., "Deep Learning," *Nature*, vol. 521, no. 7553, pp. 436-444, 2015.

[9] R. McCoppin dan M. Rizki, "Deep Learning for Image Classification," *Ground/Air Multisensor Interoperability, Integration, and Networking for Persistent ISR V, International Society for Optics and Photonics*, 2014.

[10] Akbar, M., Sardjono, M., dkk., "Perancangan Aplikasi Mobile untuk Klasifikasi Sayuran Menggunakan Deep Learning Convolutional Neural Network," *Sebatik*, vol. 24, no. 2, hal. 300-306, 2020.

[11] Asmara, R.A., Syulistyo dkk., "Identifikasi Citra Tulisan Tangan Digital Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN)," *Jurnal Informatika Polinema*, 2019.

[12] Alzubaidi, L., Zhang, et al., "Review of Deep Learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions," *J Big Data*, vol. 8, no. 1, hal. 53, 2021.

[13] Sidharth, "Convolutional Neural Network (CNN): Architecture Explained | Deep Learning," July 10, 2023. Available: https://www.pycodemates.com/2023/06/introduction-to-convolutional-neural-networks.html.

[14] Shetty, A. B., Bhoomika, Deeksha, et al., "Facial recognition using Haar cascade and LBP classifiers," *Global Transitions Proceedings*, vol. 2, no. 2, pp. 330-335, 2021.

[15] S. Abidin, "Deteksi Wajah Menggunakan Metode Haar Cascade Classifier Berbasis Webcam Pada Matlab," *Jurnal Teknologi Elekterika*, vol. 15, no. 1, hal. 21-27, 2018.

[16] Hui, L and Belkin, M, "Evaluation of Neural Architectures Trained with Square Loss vs Cross-Entropy in Classification Tasks," *arXiv*, abs/2006.07322, 2020.

[17] N. Bai, "One More Reason to Wear a Mask: You'll Get Less Sick From COVID-19," July 31, 2020. Available: https://www.ucsf.edu/news/2020/07/418181/one-more-reason-wear-mask-youll-get-less-sick-covid-19.