

## DETEKSI WAJAH BERMASKER BERBASIS TENSORFLOW-KERAS UNTUK PENGENDALIAN GERBANG AKSES MASUK MENGUNAKAN RASBERRY Pi4

Friendly<sup>1</sup>, Zakaria Sembiring<sup>1</sup>, Habibi Ramdani Safitri<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Teknik Komputer dan Informatika, Politeknik Negeri Medan, <sup>2</sup>Program Studi Sistem Informasi, Teknik Komputer dan Informatika, Politeknik Negeri Medan

e-mail: [friendly@polmed.ac.id](mailto:friendly@polmed.ac.id), [zakariasembiring@polmed.ac.id](mailto:zakariasembiring@polmed.ac.id),  
[habibisafitri@polmed.ac.id](mailto:habibisafitri@polmed.ac.id)

### ABSTRAK

Pandemik COVID-19 telah menyebabkan perubahan kebiasaan dan cara hidup. Regulasi Kesehatan yang dikeluarkan oleh Kementerian Kesehatan mewajibkan penggunaan masker sebagai salah satu protokol kesehatan. Regulasi Kesehatan dikeluarkan disebabkan karena kenaikan yang sangat signifikan kasus infeksi COVID-19 pada bulan Mei 2020. Dengan memanfaatkan algoritma deteksi wajah bermasker menggunakan Tensorflow dengan metode CNN, penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah pengendalian gerbang akses masuk otomatis yang dapat membedakan orang atau wajah dengan bermasker dan wajah tidak bermasker. Sistem ini akan diimplementasikan pada Raspberry Pi 4 dan dengan memanfaatkan GPIO pada Raspberry Pi 4 untuk mengendalikan motor servo untuk menggerakkan pengendali akses gerbang. Pada penelitian ini, deteksi wajah bermasker memiliki akurasi hingga 99.5% untuk mendeteksi wajah tanpa masker. Sedangkan untuk wajah dengan masker standard, akurasinya mencapai 93% dan menurun bila digunakan untuk mendeteksi wajah dengan masker yang bermotif dan bergambar yakni hanya 53%. Secara keseluruhan, akurasi mencapai 76%.

Kata kunci: Deteksi Wajah Bermasker; Tensorflow; CNN; Deteksi Wajah

### ABSTRACT

*Recent COVID-19 pandemic has cause change in human habit. Wearing a mask is a must health protocol according to Ministry of Health regulation. The regulation was announced since the pandemic shows significance rose in cases since May 2020. By using face recognition algorithm in Tensorflow by using CNN, this research purpose is to create an automatically access control gate that can filtered out people who wear mask and not wearing mask. The system will be implemented using Raspberry Pi 4 to control a servo that can be used to block a passageway/gate. Masked face detection in this research can detect face without mask up to 99.5% correct. While this program has a high capability in detection face without mask, this program didn't have high capability in detecting face using mask which result only 93% correct and worsening when the face using mask having picture/motif on the surface of the mask to only 53% correct detection. Overall accuracy reach for 76%.*

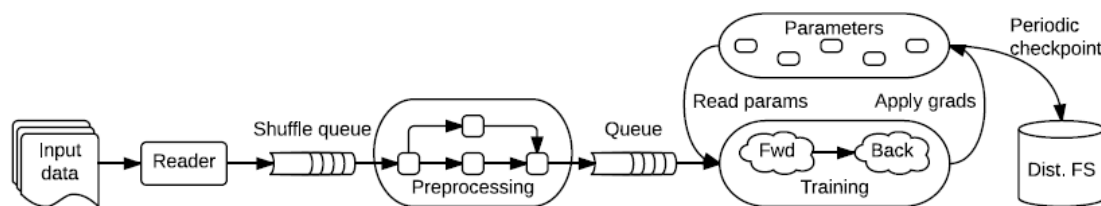
*Keywords: face masked detection; tensorflow; CNN; face detection*

## 1. PENDAHULUAN

Sejak awal 2020, penyebaran coronavirus COVID-19 telah menyebabkan kondisi pandemik di seluruh dunia. Pandemi ini menyebabkan gangguan kehidupan masyarakat di setiap negara di dunia, dan Indonesia adalah salah satu negara yang

terdampak pandemik ini. Sejak bulan Mei 2020, Kementerian Kesehatan Indonesia telah mensosialisasikan regulasi baru terkait kebiasaan hidup sehat *New Normal* dalam rangka usaha mencegah penyebaran virus COVID-19 ini di dalam masyarakat [1]. Salah satu regulasi ini adalah kewajiban pemakaian masker bila seseorang harus melakukan kegiatan di luar rumah dan memasuki suatu kawasan tertentu yang memiliki lokasi tertutup dan dengan jumlah pengunjung yang cukup banyak seperti kantor, tempat perbelanjaan dan lainnya. Walaupun terdapat pembatasan jumlah pengunjung di lokasi-lokasi yang padat tersebut, kemungkinan terjadinya penyebaran virus di tempat-tempat yang ramai masih sangat tinggi sehingga penggunaan masker saat ini telah menjadi keharusan.

Salah satu algoritma yang digunakan untuk pendeteksian wajah yang cukup banyak digunakan adalah Convolutional Neural Network (CNN) [2]. CNN digunakan secara luas, dimana salah satunya adalah deteksi gambar, sejak penelitian Paula Viola dan Michael Jones yang dapat meningkatkan efisiensi algoritma CNN pada tahun 2001 [3]. Pendekatan yang diajukan oleh Paula Viola dan Michael Jones dengan membuat variasi jumlah network pada input, proses dan output jaringan meningkatkan efisiensi dari CNN dan berakibat pada peningkatan kecepatan waktu proses dan proses pengenalan. CNN telah digunakan pada banyak penelitian terkait aplikasi pengenalan gambar dengan kecerdasan buatan [4, 5, 6, 7, 8]. Sebagai salah satu pemanfaatan CNN dalam pengenalan wajah, saat ini telah banyak diimplementasikan pada banyak perangkat genggam seperti telepon genggam dan sistem tertanam [4]. Pada 2015, Tensorflow mengembangkan sejumlah algoritma *Machine Learning* terintegrasi dalam bentuk pustaka elektronik seperti CNN, RNN dan jaringan syaraf tiruan lainnya. Dan pada 2016 Google Brain mempublikasikan penelitiannya terkait Tensorflow sebagai sebuah *machine learning* yang dapat beroperasi dalam skala besar [9]. Dalam pemaparan pada publikasi Tensorflow, sistem ini dirancang untuk lebih meningkatkan performa dengan memperbaiki cara menentukan lapisan, algoritma pelatihan, penentuan cara baru algoritma dalam pelatihan dan membuat sistem yang lebih sederhana dan mudah untuk diimplementasikan. Dataflow tensorflow digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skematik Dataflow Tensorflow [9]

Penelitian yang dilakukan oleh Xiao-Ling Xia, Cui Xu, Bing Nan dalam impementasi Tensorflow untuk mendapatkan perbandingan antara algoritma-algoritma yang ada pada Tensorflow menunjukkan bahwa algoritma CNN pada Tensorflow memiliki akurasi tertinggi yakni 97.81% saat digunakan pada pengenalan wajah [7].

Untuk menyelesaikan permasalahan ini, penelitian ini akan berfokus pada perancangan sistem tertanam pada Raspberry Pi 4 dengan menerapkan algoritma CNN pada pustaka digital Tensorflow untuk dapat mendeteksi wajah pengunjung dan

menentukan apakah pengunjung tersebut menggunakan masker atau tidak. Pada implementasi sistem ini, Raspberry Pi 4 akan digunakan untuk menggerakkan pengunci pada gerbang akses.

Raspberry Pi merupakan salah satu komputer tertanam yang memiliki terminal masuk dan terminal keluar yang multi guna dan dapat digunakan untuk pengendalian [10]. Tegangan kerja pada setiap terminal adalah 3.3Volt. Raspberry Pi 4 merupakan model terbaru yang dikeluarkan pada tahun 2019. Raspberry Pi dapat digunakan layaknya sebuah komputer dan dapat bekerja seperti halnya sistem tertanam berbasis mikrokontroler lainnya seperti Arduino, ESP8266, Zigbee, AVR dan lain sebagainya. Perbedaan utama dari sistem pengembangan berbasis mikrokontroler dengan Raspberry Pi adalah bahwa Raspberry Pi berbasis komputer dimana sistem ini memerlukan sistem operasi. Program yang dibangun dan dirancang akan berjalan diatas sistem operasi dan dapat bekerja secara *multitasking*. Berbeda dengan sistem pengembangan berbasis mikrokontroler dimana program umumnya berjalan secara sekuensial dan berurutan. Dengan ukuran dan fleksibilitas sistem pada Raspberry Pi, sistem ini memiliki kekurangan dimana arsitektur yang digunakan tidak umum dan sama dengan komputer pada umumnya.

## 2. METODE PENELITIAN

Implementasi deteksi wajah menggunakan Tensorflow dapat ditemukan pada banyak penelitian. Beberapa upaya untuk menerapkan Pustaka Tensorflow pada Raspberry Pi telah dilakukan dengan penyesuaian terhadap arsitektur dan konfigurasi sistem operasi yang dikembangkan pada Raspberry Pi. Pada implementasi jaringan CNN di dalam penelitian ini, CNN akan digunakan untuk mendeteksi wajah bermasker dan wajah tidak bermasker.

Langkah-langkah penelitian adalah sbb:

1. Instalasi dan konfigurasi Komputer dan Raspberry Pi
2. Pelatihan jaringan CNN dengan dataset gambar wajah bermasker dan wajah tidak bermasker
3. Pengujian hasil pelatihan Jaringan CNN sebagai deteksi wajah bermasker dan wajah tidak bermasker
4. Perancangan Program Pengendali gerbang akses masuk dengan sistem deteksi wajah.

Pada penelitian ini tidak dibahas pembuatan algoritma CNN dan hanya pengujian algoritma yang telah tersedia pada dataset wajah bermasker dan wajah tidak bermasker dan implementasi CNN yang telah terdapat pada Tensorflow. Untuk jaringan yang digunakan pada CNN diambil dari image-net.

### Instalasi dan Konfigurasi

Proses penelitian diawali dengan melakukan konfigurasi komputer yang digunakan untuk instalasi sistem di Raspberry Pi 4 dan Raspberry Pi 4. Komputer dikonfigurasi untuk dapat melakukan training terhadap dataset yang digunakan. Instalasi komputer dilakukan dengan melakukan tahapan sbb:

1. Instalasi Python versi 3.8
2. Instalasi OpenCV
3. Instalasi Tensorflow

4. Instalasi kebutuhan Pustaka digital dasar pada Python

Untuk Raspberry Pi 4, sistem operasi menggunakan Raspbian PI yang diinstall sesuai dengan panduan yang diberikan di website Raspberry.org. Untuk perangkat yang dibutuhkan adalah sbb:

1. Komputer Desktop dengan sistem operasi Windows 10
2. Raspberry Pi 4 dengan Ram 4Gb
3. Web kamera dengan resolusi HD

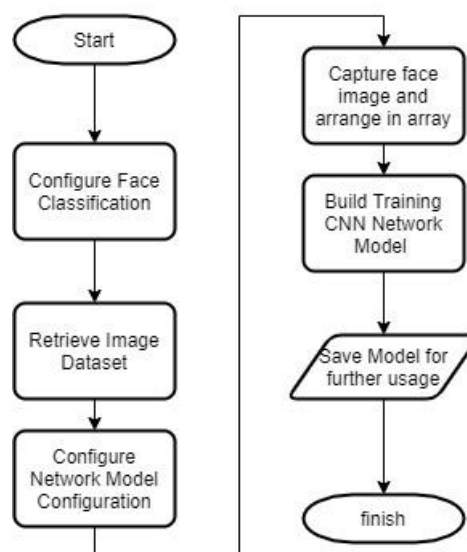
### Pelatihan Jaringan CNN

Untuk pelatihan jaringan CNN, penelitian ini akan menggunakan data gambar wajah yang bermasker dan gambar wajah yang tidak bermasker. Jumlah data yang digunakan adalah seperti Tabel 1.

**Tabel 1. Dataset Wajah**

No.	Kriteria Data	Jumlah
1	Wajah Bermasker	680
2	Wajah Tidak Bermasker	680

Untuk pelatihan jaringan CNN, proses dilakukan dengan klasifikasi wajah. Klasifikasi wajah dibuat untuk mengecilkan daerah wajah yang akan dikenali. Klasifikasi dilakukan dengan menggunakan OpenCV. Gambar dan posisi wajah yang diperoleh kemudian akan menjadi masukan bagi CNN untuk membentuk model jaringan. Model jaringan ini akan dimuat kembali untuk digunakan sebagai model pendeteksi wajah bermasker dan tidak. Algoritma program pelatihan digambarkan pada gambar 2. Program pelatihan dijalankan pada komputer desktop.



**Gambar 2. Diagram Flowchart Pelatihan Dataset**

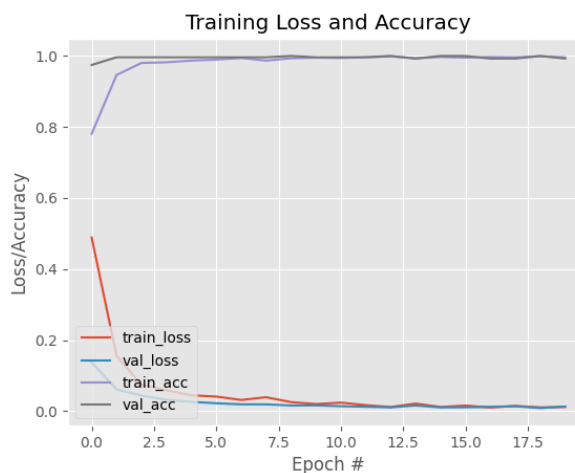
Tensorflow telah menyediakan fungsi MobileNetV2 [11] yang merupakan arsitektur yang menerapkan CNN. Arsitektur MobileNetV2 yang digunakan menggunakan distribusi jaringan imagenet yang digunakan sebagai klasifikasi objek pada website image-net.org. Ukuran yang digunakan adalah 224 pixel. Arsitektur ini akan digunakan sebagai input pada CNN

```
# load the MobileNetV2 network, ensuring the head FC layer sets are  
# left off  
baseModel = MobileNetV2(weights="imagenet", include_top=False,  
    input_tensor=Input(shape=(224, 224, 3)))
```

Untuk output, kita akan menggunakan model yang sama dengan arsitektur MobileNetV2 diatas. Terdapat 2 aktivasi untuk networknya yakni “relu” dengan kerapatan 128 layer dan “softmax” dengan kerapatan 2 layer.

```
headModel = baseModel.output  
headModel = AveragePooling2D(pool_size=(7, 7)) (headModel)  
headModel = Flatten(name="flatten") (headModel)  
headModel = Dense(128, activation="relu") (headModel)  
headModel = Dense(2, activation="softmax") (headModel)
```

Untuk optimasi dan *model fitting*, akan digunakan algoritma adam dengan *learning rate* 0.0001, jumlah Epoch adalah 20 dan setiap epoch menggunakan *Batch Size* 32. Hasil *training* ditunjukkan pada Gambar 3 dibawah.



Gambar 3. Hasil Training

## Pengujian Sistem

Pengujian sistem dibuat untuk mengetahui apakah hasil pelatihan menggunakan CNN dapat menghasilkan akurasi yang baik yang dapat digunakan untuk mengendalikan gerbang akses masuk. Proses pengujian dilakukan dengan membuat 2 buah program terpisah. Program utama adalah program yang digunakan untuk mendeteksi dan mengkategorikan apakah gambar wajah yang ditangkap kamera merupakan gambar wajah bermasker ataupun gambar wajah tanpa masker. Program ini akan menggunakan data model jaringan CNN yang dihasilkan pada program pelatihan sebelumnya. Program ke-2 adalah program yang akan menampilkan gambar wajah tertentu dalam periode waktu +/- 7 detik. Proses pengujian dilakukan menggunakan

layar yang cukup besar agar kamera tidak menangkap sisi luar dari layar. Proses pengujian digambarkan pada Gambar 3.



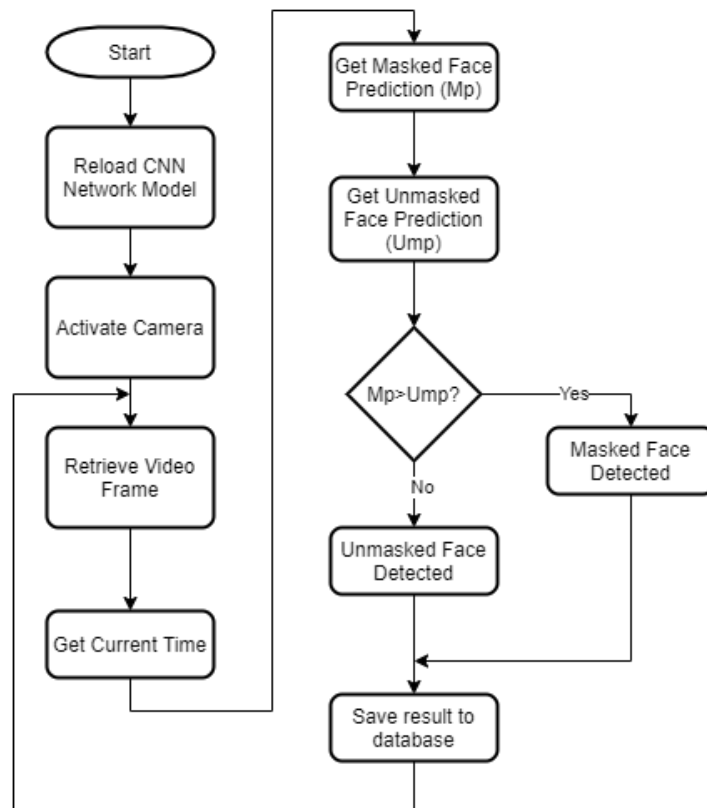
***Gambar 4. Proses Pengujian***

Pada saat program kedua dijalankan, maka gambar pada monitor akan menampilkan gambar sesuai kategori yang diuji. Kategori yang diuji ada 4 yakni:

1. Gambar Wajah dengan masker standard, memiliki warna yang konstan, tidak bermotif dan tidak bergambar
2. Gambar wajah tidak bermasker
3. Gambar wajah dengan masker bermotif, memiliki bentuk dan warna yang bervariasi, bergambar wajah, mulut ataupun gambar bentuk lainnya.
4. Gambar wajah berjambang

Gambar wajah berjambang disertakan dalam gambar sebagai wajah tidak bermasker. Gambar wajah ini disertakan karena jambang memiliki bentuk yang menyerupai masker. Pengujian dirancang untuk dapat mengenali wajah bermasker dalam berbagai kondisi. Program pertama dijalankan dengan menyertakan parameter kategori gambar yang akan diuji. Setelah program dan kamera aktif, program kedua akan dijalankan dan hasil deteksi program pengujian pertama akan disimpan ke dalam database. Untuk setiap gambar yang ditampilkan, program dapat melakukan 4-5 kali pengujian. Untuk setiap proses pendeteksian, dilakukan penghitungan waktu proses. Hasil pengujian oleh program dan kategori akan dicocokkan untuk mendapatkan akurasi hasil pengujian.

Algoritma program yang digunakan untuk pengujian ditampilkan pada Gambar 4. Program pertama dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman python dan dijalankan pada Raspberry Pi 4. Program kedua dibuat dengan menggunakan Bahasa pemrograman javascript. Sistem ini berjalan tanpa terminasi.

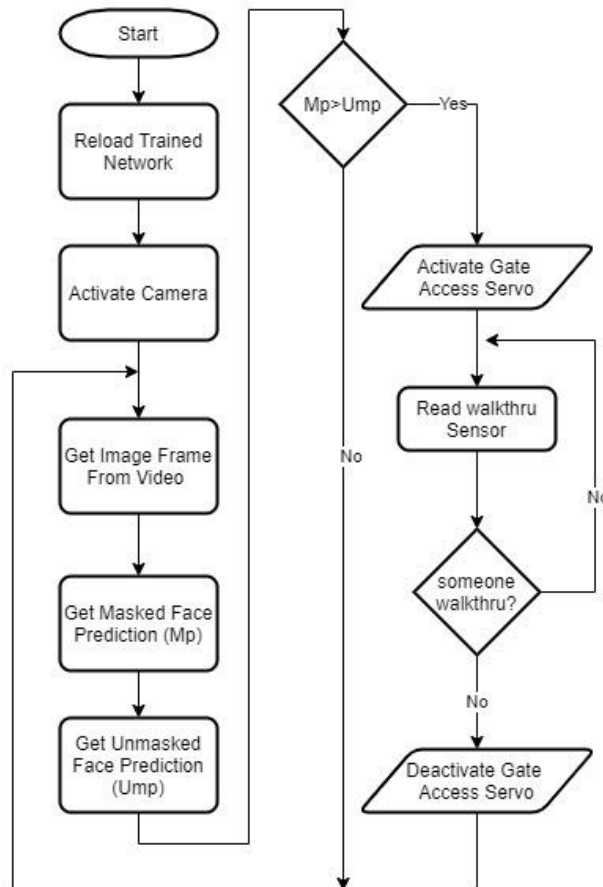


Gambar 5. Diagram Flowchart Program Pengujian

### Perancangan Program Pengendali Gerbang Akses Masuk

Untuk sistem yang digunakan pada pengendali gerbang akses masuk, diterapkan pada Raspberry Pi 4. Untuk pengendalian gerbang masuk, digunakan motor servo yang dapat digerakkan secara rotasi dan sensor ultrasonik yang digunakan untuk mendeteksi orang melintas melalui gerbang. Motor akan bergerak naik dan turun dan digunakan sebagai kunci pada gerbang masuk. Motor servo membuka bila program mendeteksi wajah sebagai wajah yang menggunakan masker. Setelah membuka, sensor ultrasonik akan mendeteksi apakah ada orang yang melintas di depan gerbang. Bila ada orang melintas di depan gerbang, maka sistem akan mengaktifkan motor servo untuk menutup.

Sistem pengendali gerbang akses masuk digunakan untuk mendeteksi apakah seseorang menggunakan masker sehingga pendeteksian yang diharapkan dapat memiliki akurasi tinggi adalah pendeteksian wajah bermasker. Algoritma program yang digunakan dalam sistem ini ditunjukkan pada Gambar 5. Sistem ini berjalan secara terus menerus tanpa terminasi.



Gambar 6. Diagram Flowchart Program Pengendalian Gerbang Akses Masuk

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar yang digunakan untuk pengujian dibagi berdasarkan kategori. Jumlah gambar dan kategori yang digunakan ditampilkan seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Kategori Gambar

No.	Kategori	Jumlah	Keterangan
1	Mask Standard	30	Masker dengan warna seragam, tanpa motif
2	Tanpa Masker	30	Tidak menggunakan masker
3	Masker Motif	30	Masker memiliki motif dan gambar
4	Berjambang	30	Wajah dengan jambang dan kumis

Seperti yang dijelaskan dalam metode penelitian diatas, untuk setiap gambar dilakukan pendeteksian 3-4 kali pengujian. Hasil pengujian dengan menggunakan setiap wajah dikategorikan dalam Tabel 3. Dari hasil pengujian, waktu yang dibutuhkan antara 0,7 -4 detik. Dari waktu pemaparan sistem terhadap gambar selama +/- 7 detik, diperoleh 3-4 kali pengujian. Hasil pengujian terhadap setiap kategori dimana setiap kategori menggunakan 30 buah gambar, data diatas menghasilkan antara 113-245 hasil deteksi.



**Tabel 3. Hasil Pengujian**

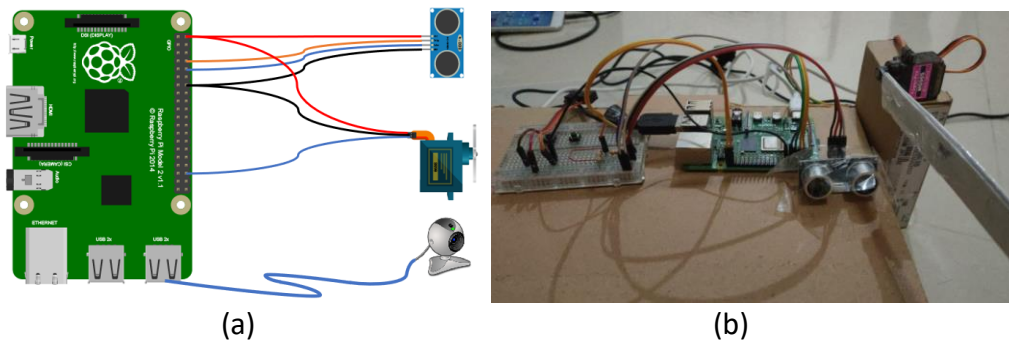
No.	Category	Accuracy	Processing Time (mili second)		
			Average	Min	Max
1	Mask Standard	93 %	858	1249	800
2	Tanpa Masker	99 %	888	3888	795
3	Masker Motif	53 %	879	1122	800
4	Berjambang	100 %	886	1146	807
5	Tanpa Masker	99,1%	887	3888	795
6	Bermasker	75,6%	867	1249	800

Berdasarkan pada Tabel 3 diatas, sistem yang dirancang dapat mendeteksi wajah tanpa masker secara keseluruhan hingga 99,1%. Hasil pengujian ini menggabungkan pengujian wajah tanpa masker dan wajah berjambang. Walaupun pada gambar wajah berjambang memiliki bentuk menyerupai masker, tetapi adanya bentuk mulut pada wajah dapat dideteksi oleh sistem sehingga sistem mendeteksi wajah berjambang sebagai wajah tanpa masker. Hasil pendeteksian wajah dengan jambang menunjukkan hasil 100% akurasi. Pada wajah tanpa masker, terdapat beberapa gambar wajah yang menggunakan hijab yang terdeteksi sebagai wajah bermasker. Secara terpisah, pengujian dilakukan lebih lanjut dengan beberapa wajah berhijab, menunjukkan bahwa wajah berhijab dengan warna hijab dan bibir yang mendekati warna kulit membuat hasil pengujian gagal. Bila warna hijab berbeda, pengujian dapat berhasil mendeteksi wajah sebagai wajah tanpa masker. Kegagalan yang diperoleh pada deteksi wajah tidak bermasker dalam 4-5 kali pendeteksian setiap wajah berhijab sebanyak 2-3 kali atau 50% dari hasil deteksi adalah gagal.

Untuk wajah dengan masker bermotif dengan gambar mulut, wajah dan warna-warna berbeda, sistem memiliki akurasi yang sangat rendah untuk mendeteksi wajah dengan masker. Karena beberapa design masker pada gambar wajah yang diambil memiliki bentuk wajah, mulut, beragam warna, sistem gagal mendeteksi dengan akurasi hanya 53%.

Dalam proses dimana deteksi wajah bermasker diterapkan pada Raspberry Pi 4 sebagai pengendali gerbang masuk, sistem diperlukan untuk mendeteksi wajah yang menggunakan masker. Bila sistem gagal mendeteksi wajah bermasker, maka pengunjung tidak akan diberikan akses masuk. Pada pengujian diperoleh bahwa sistem dapat bekerja dengan memanfaatkan kemampuan sistem dalam mendeteksi wajah tanpa masker dan dengan akurasi 99%.

Rangkaian yang digunakan dalam Raspberry Pi 4 adalah sbb:



**Gambar 7. Diagram Rangkaian Dengan Raspberry Pi dan Purwarupa Implementasi Rangkaian Deteksi Wajah Bermasker Menggunakan Raspberry Pi 4**

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, program yang dirancang dan diuji berhasil mendeteksi wajah dan dapat membedakan wajah tanpa masker dengan akurasi 99%. Untuk pendeteksian wajah dengan masker standar, akurasi deteksi menurun menjadi 93%. Akurasi menurun bila pengunjung menggunakan masker yang bercorak, bermotif atau bergambar hingga 53%. Walaupun bentuk jambang pada gambar yang digunakan dalam pengujian memiliki bentuk menyerupai masker, sistem tetap dapat mendeteksi bahwa wajah berjambang tidak menggunakan masker dengan akurasi 100%. Pada penerapan deteksi wajah bermasker pada sistem pengendalian gerbang masuk yang diteapkan pada Raspberry Pi 4, sistem menerapkan akurasi pendeteksian wajah tanpa masker sebesar 99%. Sistem akan membuka gerbang bila pendeteksian dapat mengenal wajah sebagai wajah bermasker. Secara total dengan akurasi 75,6%, sistem dapat digunakan untuk pengendalian gerbang masuk. Kekurangan dari sistem adalah kurangnya kemampuan sistem untuk membedakan wajah dari orang yang sebenarnya dan gambar./video. Untuk penelitian selanjutnya perlu untuk melengkapi pengenalan wajah orang yang sebenarnya. Pengembangan lainnya adalah dengan meningkatkan akurasi dengan menambahkan kategori wajah yang beragam untuk meningkatkan kemampuan sistem dalam membedakan wajah dengan masker bermotif.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Medan yang telah mendanai terlaksananya penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, "Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Panduan Pencegahan Dan Pengendalian Corona Virus Disease 2019 (Covid-19) Di Tempat Kerja Perkantoran Dan Industri Dalam Mendukung

- Keberlangsungan Usaha Pada Situasi Pandemi," *NO. HK.01.07/MENKES/328/2020*, 2020.
- [2] T. W. T. K. L. H. L. G. G. K. H. Jungkyu Lee, "Compounding the Performance Improvements of Assembled Techniques in a Convolutional Neural Network," 2020. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2001.06268v2>.
- [3] P. Viola and M. Jones, "Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features," *COMPUTER VISION AND PATTERN RECOGNITION*, 2001.
- [4] A. Maddineni and D. Hussian, "Live Object Detection api using Tensorflow on Raspberry Pi," *INTERNATIONAL JOURNAL OF CREATIVE RESEARCH THOUGHTS*, p. 831, 2 April 2018.
- [5] A. Y. W. d. R. S. I Wayan Suartika E. P, "Klasifikasi Citra Menggunakan Convolutional Neural Network (Cnn) pada Caltech 101," *JURNAL TEKNIK ITS Vol. 5, No. 1*, pp. A65-A69, 2016.
- [6] A. S. A. F. Kamal Hasan Mahmud, "Klasifikasi Citra Multi-Kelas Menggunakan Convolutional Neural Network," *e-Proceeding of Engineering Vol.6, No.1 April 2019*, pp. 2127-2136, 2019.
- [7] X.-L. Xia, C. Xu and B. Nan, "Facial Expression Recognition Based on TensorFlow Platform," in *ITM Web of Conferences 2017 International Conference on Information Science and Technology (IST 2017)*, Wuhan, Hubei, China, March 24-26, 2017, 2017.
- [8] S. Raschka and V. Mirjalili, *Machine Learning and Deep Learning with Python*, Birmingham: Packt Publishing Ltd., 2019.
- [9] A. A. P. B. e. Mart'ın Abadi, "TensorFlow: Large-Scale Machine Learning on Heterogeneous Distributed Systems," 09 09 2015. [Online]. Available: [https://www.tensorflow.org/about/bib#large-scale\\_machine\\_learning\\_on\\_heterogeneous\\_distributed\\_systems](https://www.tensorflow.org/about/bib#large-scale_machine_learning_on_heterogeneous_distributed_systems).
- [10] R. Pi, "Raspberry Pi 4," 02 06 2020. [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/>.
- [11] F. Saxen, P. Werner, S. Handrich, E. Othman, L. Dinges and A. Al-Hamadi, "Face Attribute Detection with MobileNetV2 and NasNet-Mobile," in *2019 11th International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis (ISPA)*, Dubrovnik, Croatia, Croatia, 2019.
- [12] X. Z. S. R. J. S. Kaiming He, "Deep Residual Learning for Image Recognition," 2015. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1512.03385v1>.
- [13] S. V. Lab, "ImageNet," <http://image-net.org/>, 17 November 2020. [Online]. Available: <http://image-net.org/>. [Accessed 11 November 2020].