

Pendekatan *Transfer Learning* untuk Sistem Deteksi Wajah dan Pengukuran Suhu Tubuh Berbasis Kamera Termal

1st Dinan Achmad Fauzan
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

dinanachmad@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Asep Suhendi
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

suhendi@telkomuniversity.ac.id

3rd Endang Rosdiana
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

endangr@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Covid-19 adalah penyakit yang disebabkan oleh infeksi virus SARS-CoV-2 (Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2). Bulan Juni sampai Juli 2022 terjadi peningkatan kasus positif secara perlahan dan puncaknya tanggal 27 Juli 2022 kasus positif mencapai 46 ribu. Masyarakat harus selalu mematuhi protokol kesehatan, salah satu protokol kesehatan adalah pengukuran suhu tubuh di berbagai tempat. Sistem yang telah dibuat yaitu perancangan pengukuran suhu tubuh otomatis. Sistem tersebut terdiri dari thermal camera AMG8833, Raspberry Pi camera, Raspberry Pi model b, dan display. Sistem dapat mendeteksi wajah digunakan model machine learning yang dibuat dengan metode transfer learning. Metode transfer learning memanfaatkan pre-trained model, sehingga mampu meningkatkan akurasi dan kecepatan proses training. Pre-trained model yang digunakan adalah SSD mobilenetv2 fpn lite 320x320. Model machine learning yang telah dibuat menghasilkan nilai total loss 0,25. Sebelum digunakan sistem harus diuji dan dikalibrasi terlebih dahulu. Sebelum dikalibrasi perbedaan suhu yang didapat adalah 12,42°C. Setelah dikalibrasi perbedaan suhu yang didapat adalah 0,29°C. Sistem memiliki jarak optimal pengukuran suhu yaitu 62 cm. Sistem memiliki perbedaan suhu jika jarak objek yang diukur dimajukan dan dijauhkan sebesar 10 cm dari jarak optimalnya. Nilai perbedaan suhu pada jarak 52 cm adalah 1,51°C. Nilai perbedaan pada jarak 72 cm adalah 1,21°C.

Kata kunci— Pendeteksi suhu tubuh, thermal camera, transfer learning

I. PENDAHULUAN

Covid-19 (Coronavirus Disease 2019) adalah penyakit yang sangat mudah menular akibat infeksi virus SARS-CoV-2 (Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2) [1]. Pada bulan Juni sampai Juli 2022 terjadi peningkatan kasus positif secara perlahan. Pada tanggal 27 Juli 2022 kasus positif mencapai 46 ribu sehingga masyarakat harus selalu mematuhi protokol Kesehatan [2]. Salah satu protokol kesehatan adalah pengukuran suhu tubuh di berbagai tempat. Pengukuran suhu tubuh di berbagai tempat banyak yang menggunakan thermo gun dan thermometer mounted. Thermo gun dan thermometer mounted tidak bisa mendeteksi manusia, objek yang diukur suhunya hanya berdasarkan jarak yang ada didekatnya. Sistem yang telah dibuat dapat mendeteksi wajah manusia dan mengukur suhunya.

Terdapat berbagai penelitian terkait dengan pengukuran suhu tubuh. Penelitian tersebut diantaranya, pemantauan suhu tubuh menggunakan sensor suhu non kontak dan face detection. Sensor suhu non kontak menggunakan thermal

camera AMG8833 [3] dan sensor MLX90614 [4]. Algoritma face detection menggunakan Haar Cascade Classifier [3][4]. Haar Cascade Classifier adalah deep learning bawaan library OpenCV (Open Source Computer Vision) untuk deteksi wajah. Penggunaan Haar Cascade Classifier masih kurang akurat dan sering salah. Metode transfer learning lebih cocok digunakan, karena memanfaatkan pre-trained model yang dapat meningkatkan akurasi dari deteksi wajah. Kemudian pengukuran suhu tubuh berbasis kamera termal dapat mendeteksi suhu dengan jangkauan yang lebih luas.

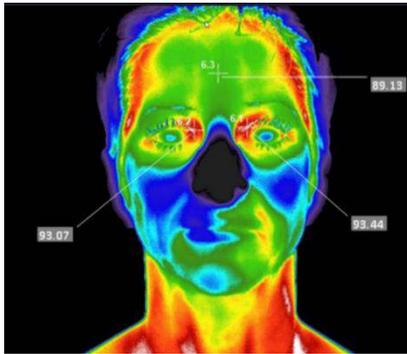
Pada penelitian ini telah dibuat sistem deteksi wajah dan pengukuran suhu tubuh otomatis berbasis kamera termal. Sistem deteksi wajah menggunakan model machine learning yang dibuat dengan metode transfer learning. Sistem terdiri dari kamera termal, kamera optik, Raspberry Pi, dan display. Display pada sistem ini menggunakan monitor atau LCD yang terhubung menggunakan IP (Internet Protokol) atau kabel HDMI. Model machine learning yang telah dibuat, dijalankan oleh sistem untuk deteksi wajah. Kemudian, video real time ditampilkan pada display yang direkam menggunakan kamera optik. Setelah itu, wajah yang terdeteksi diukur suhunya menggunakan kamera termal

II. KAJIAN TEORI

A. Suhu Tubuh Manusia

Suhu tubuh manusia berdasarkan usianya terbagi menjadi tiga, yaitu usia bayi, anak, dan dewasa. Suhu tubuh normal pada bayi berkisar antara 36,3°C sampai 37,7°C. Suhu tubuh normal pada anak berkisar antara 36,1°C sampai 37,7°C. Dan suhu tubuh normal pada dewasa berkisar antara 36,5°C sampai 37,5 °C. Suhu tubuh manusia ini dapat berubah sepanjang hari, karena disebabkan oleh faktor musim dan lingkungan di sekitarnya [5].

Pencitraan termal adalah proses mengubah radiasi inframerah menjadi gambar termal. Gambar termal tersebut menunjukkan perbedaan suhu yang ditandai dengan perbedaan warna. Warna kuning, jingga, dan merah menghasilkan panjang gelombang inframerah yang lebih banyak, sehingga menunjukkan suhu yang lebih hangat. Warna hitam, ungu, biru, dan coklat menghasilkan panjang gelombang inframerah lebih sedikit, sehingga menunjukkan suhu yang lebih dingin [6]. Gambar 1 merupakan gambar termal wajah manusia. Satuan suhu pada gambar tersebut adalah fahrenheit.

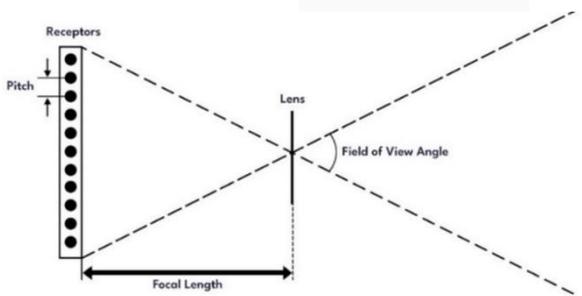


Gambar 1
Gambar *thermal* wajah manusia [7].

B. Thermal Camera

Thermal camera merupakan kamera yang dapat mendeteksi energi inframerah, dan mengubahnya menjadi gambar visual berupa spektrum warna. *Thermal camera* memiliki resolusi yang lebih rendah dibandingkan dengan kamera optik. *Thermal camera* dapat merasakan energi inframerah lebih panjang dari cahaya tampak, sehingga *thermal camera* ini dapat digunakan untuk mengukur suhu tubuh [8].

Prinsip kerja *thermal camera* mirip dengan kamera optik. *Thermal camera* untuk menghasilkan gambar, lensa memfokuskan energi ke berbagai reseptor. Nilai intensitas di setiap piksel, bergantung pada jumlah energi panas yang ada pada suatu elemen dalam *array* reseptor. Jumlah elemen reseptor menunjukkan resolusi spasial kamera, yang memberikan ukuran dalam piksel dari satu *frame* video. Bidang pandang, diukur dalam derajat sudut yang ditentukan oleh lensa pemfokusan. *Thermal camera* dapat merekam objek dengan *frame rate* yang tinggi, sehingga saat memotret objek yang bergerak, dapat mengurangi kekaburan gambar [9]. Gambar 2 merupakan gambar prinsip kerja *thermal camera*.



Gambar 2
Prinsip kerja *thermal camera* [9].

C. SBC (Single Board Computer)

SBC (*Single-Board Computer*) merupakan sebuah mini komputer yang terdiri dari *processor*, RAM, catu daya, porta input dan *output*, dan komponen komputer normal lainnya. SBC memiliki ukuran yang kecil, sehingga hanya bisa menggunakan *microSD* sebagai memori. SBC sering digunakan untuk pemroses informasi yang didapat dari sensor [10]. SBC memiliki CPU (*Central Processing Unit*) yang pada dasarnya adalah otak pada komputer. CPU tersebut digunakan untuk menjalankan semua perhitungan aritmatika, logika, dan kontrol input atau *output*. SBC terdapat GPIO (*General Purpose Input-Output*) untuk membaca input dan

mengontrol *output* berdasarkan pemrograman yang dibuat [11].

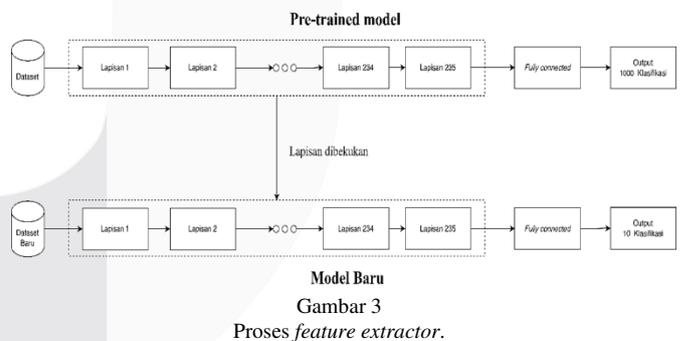
A. Transfer Learning

Transfer learning adalah teknik atau metode *machine learning* yang memanfaatkan *pre-trained model* atau model yang sudah dilatih. *Transfer learning* mampu meningkatkan akurasi atau merubah *output* dari model *machine learning*. Manfaat dari *transfer learning* adalah dapat membuat model *machine learning* dengan akurasi yang baik, walaupun dengan dataset sedikit. Selain itu juga, metode *transfer learning* dapat mempercepat proses *training machine learning* karena memanfaatkan struktur *machine learning* yang sudah pintar [12]. *Transfer learning* memiliki dua jenis yaitu *feature extractor* dan *fine tuning*.

1. Feature Extractor

Feature extractor adalah metode *transfer learning* yang digunakan dengan cara membekukan lapisan dari *pre-trained model* yang digunakan. Metode *feature extractor* hanya mengubah lapisan terakhir dari *pre-trained model* dengan dataset yang baru sesuai dengan kebutuhan. Lapisan terakhir tersebut di *training* sehingga menghasilkan *output* sesuai dengan dataset baru.

Pada Gambar 3 *pre-trained model* menggunakan 235 lapisan *neural network* dan *output* sebanyak 1.000 klasifikasi. Lapisan *neural network* sebanyak 235 lapisan dibekukan sehingga tidak mengalami proses *training*. Proses *training* biasanya dilakukan pada lapisan *fully connected*. Lapisan *fully connected* adalah lapisan yang digunakan untuk mengolah data yang didapat dari lapisan sebelumnya, agar dapat diklasifikasikan. Pada proses *training* tersebut menghasilkan *output* yang diinginkan sesuai dengan dataset baru. Pada model baru yang sudah di *training* dengan metode *feature extractor* *output* menjadi 10 klasifikasi [13][14].



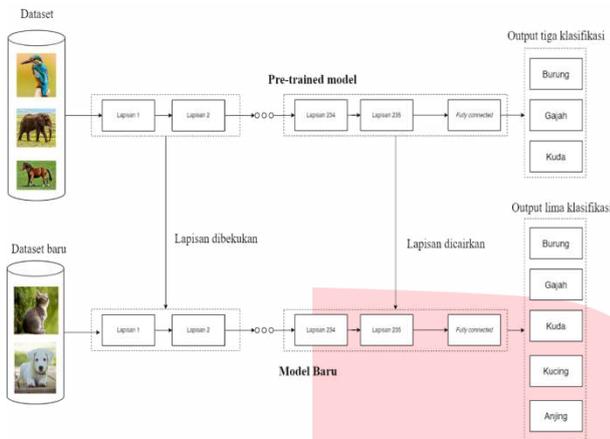
Gambar 3
Proses *feature extractor*.

2. Fine Tuning

Fine tuning adalah metode *transfer learning* yang digunakan dengan cara memanfaatkan *pre-trained model*, tanpa membekukan lapisan *neural network* pada *pre-trained model*. Metode *Fine Tuning* model di *training* ulang pada struktur lapisan yang dicairkan, sehingga model *machine learning* dapat menghasilkan *output* sesuai dengan dataset baru.

Pada Gambar 4 *pre-trained model* menggunakan lapisan *neural network* sebanyak 235 lapisan. Berbeda dengan *feature extraction*, pada metode *fine tuning* ada beberapa lapisan *neural network* yang tidak dibekukan. Lapisan tersebut adalah lapisan *neural network* yang ke-234 dan 235. Lapisan ke-234 dan 235 di *training* ulang dengan dataset baru sehingga dapat menghasilkan *output* baru yang belum

dikenali pada *pre-trained model*. Pada Gambar 4 *pre-trained model* belum bisa mengenali objek kucing dan anjing. Kemudian setelah dilakukan proses *fine tuning* model *machine learning* menjadi dapat mengenali kucing dan anjing [13][15].



Gambar 4
Proses *fine tuning*.



Gambar 5
Flowchart tahapan alur penelitian.

B. Tensorflow *Object Detection API*

Tensorflow *object detection API* adalah *framework* yang dibuat oleh Tensorflow yang dapat digunakan untuk melatih dan mengembangkan model *machine learning*. API tersebut sudah banyak digunakan Google, seperti pencarian gambar, plat nomor kendaraan pada Google *street view*, dan Google Assistant [16]. Tensorflow menyediakan *pre-trained model* yang di *training* dengan dataset coco 2017. Dataset coco 2017 terdiri dari 300.000 gambar dengan lebih dari 90 klasifikasi objek [17]. Tensorflow model *zoo* adalah kumpulan *pre-trained model* yang sudah di *training* menggunakan Tensorflow [18]. *Pre-trained model* yang ada pada Tensorflow model *zoo* dapat dilakukan proses *transfer learning* menggunakan Tensorflow *object detection API*.

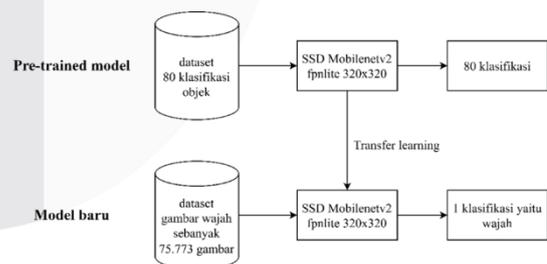
III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Alur Penelitian

Sistem yang telah dibuat terdapat beberapa tahapan yang telah dilakukan, tahap pertama yaitu studi literatur. Studi literatur mencakup tentang mempelajari berbagai literatur tentang Tensorflow *object detection API* dan *thermal camera*. Tahap kedua yaitu perancangan sistem. Perancangan sistem ini berupa membuat model *machine learning* untuk deteksi wajah dan perancangan perangkat keras. Tahap ketiga yaitu pengujian sistem. Sistem harus bisa mencocokkan piksel antara suhu yang didapat *thermal camera* dengan wajah yang terdeteksi. Tahap keempat yaitu kalibrasi sistem. Kalibrasi sistem dilakukan dengan cara membandingkan antara nilai suhu yang didapat oleh sistem dengan sensor suhu lainnya. Tahap kelima yaitu pengambilan data dan analisis. Pengambilan data dilakukan dengan cara mengukur suhu tubuh di bagian wajah dengan 10 orang partisipan. Gambar 5 menunjukkan *flowchart* tahapan alur penelitian.

B. Pembuatan Model *Machine Learning*

Dataset yang digunakan untuk membuat model *machine learning* adalah buatan Xiong Yuanjun dengan kumpulan gambar wajah sebanyak 75.773 gambar [19]. Dataset tersebut dibagi menjadi dua data pelatihan yaitu dataset *training* dan dataset validasi. Agar dapat dilakukan proses *training*, dataset tersebut harus diubah ke format *Tfrecord*. Tensorflow *object detection API* mengharuskan format datasetnya adalah *Tfrecord*. Metode yang digunakan untuk membuat model *machine learning* adalah *transfer learning*. Tensorflow *object detection API* dapat melakukan proses *transfer learning*. Kemudian, setelah proses *training* selesai maka akan mendapatkan model baru. Model baru tersebut harus diubah ke format *Tflite* agar bisa dijalankan di Raspberry Pi



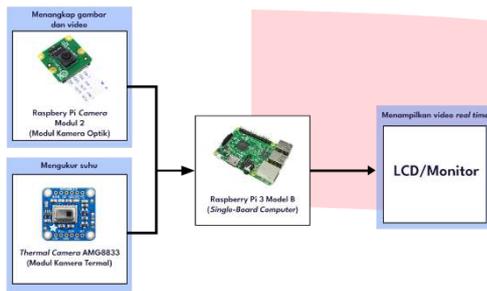
Gambar 6
Proses *transfer learning*.

Gambar 6 merupakan proses *transfer learning*. *Pre-trained model* adalah model *machine learning* yang sudah dilatih. *Pre-trained model* yang digunakan adalah SSD *mobilenetv2 fpnlite 320x320* buatan Tensorflow. *Pre-trained model* tersebut *open source* dapat digunakan gratis. SSD *mobilenetv2 fpnlite 320x320* adalah model *machine learning* yang cocok digunakan untuk sistem yang memiliki latensi rendah dan daya yang rendah, contohnya adalah Raspberry Pi. *Pre-trained model* tersebut dilakukan proses *training* ulang dengan dataset baru yaitu gambar wajah sebanyak

75.773 gambar. Proses *training* ulang tersebut dilakukan dengan menggunakan metode *transfer learning*. Struktur yang ada pada *pre-trained model* di *training* seluruhnya sehingga menghasilkan *output* yang diinginkan yaitu deteksi wajah.

C. Desain Sistem

Pada sistem ini terdapat dua sensor yang digunakan yaitu *thermal camera* AMG8833 untuk mengukur suhu tubuh, dan *Raspberry Pi camera* modul dua untuk merekam video *real time*. Kedua sensor tersebut terhubung ke *single board computer* untuk diproses. *Single board computer* yang digunakan yaitu *Raspberry Pi 3* model B. Gambar 7 merupakan gambar diagram blok dari sistem.



Gambar 7 Diagram blok sistem.

Thermal camera AMG8833 memiliki resolusi 8 x 8 piksel, sehingga nilai suhu yang dapat disimpan sebanyak 64 data suhu. *Raspberry Pi camera* modul 2 dengan resolusi maksimum delapan megapiksel, diatur resolusinya menjadi 640 x 640 piksel. Pengaturan resolusi tersebut agar *Raspberry Pi camera* modul 2 memiliki nilai piksel yang tidak jauh berbeda dengan *thermal camera* AMG8833. Satu piksel pada *thermal camera* AMG8833 mencakup 80 piksel *Raspberry Pi camera* modul 2. Piksel yang terdeteksi gambar wajah, kemudian diambil titik tengahnya dan dibagi 80 piksel. Piksel titik tengah yang sudah dibagi tersebut, kemudian dicocokkan dengan piksel pada *thermal camera* AMG8833. Video *real time* dapat ditampilkan menggunakan LCD laptop yang dapat terhubung dengan IP (*Internet Protokol*) atau menggunakan monitor yang terhubung dengan kabel HDMI (*High Definition Multimedia Interface*).



Gambar 8 Flowchart sistem.

Pada Gambar 8 pertama, sistem membaca model *machine learning* yang telah dibuat. Selanjutnya, video *real time* ditampilkan menggunakan LCD atau monitor. Setelah video *real time* ditampilkan, sistem mulai mendeteksi wajah. Setelah ada wajah yang terdeteksi, proses selanjutnya adalah suhu tubuh diukur oleh sistem menggunakan *thermal camera*. Suhu tubuh yang diukur adalah suhu bagian wajah. Gambar 9 adalah gambar sistem yang telah dibuat.

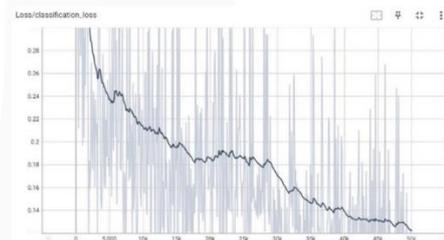


Gambar 9 Sistem yang telah dibuat.

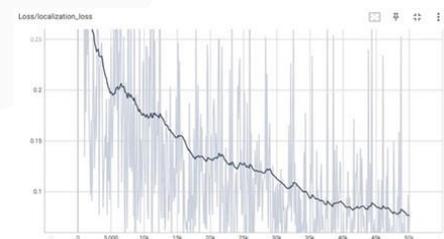
IV. HASIL DAN ANALISIS

A. Model Machine Learning

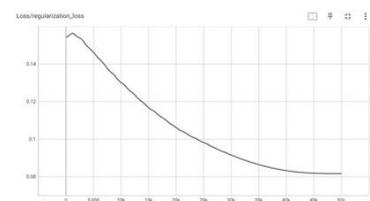
Model *machine learning* di *training* menggunakan *Tensorflow object detection API* dengan metode *transfer learning*. Proses *training* tersebut membutuhkan waktu tiga jam dengan menggunakan komputer yang memiliki GPU (*Graphics Processing Unit*). Jika dilakukan proses *training* dengan menggunakan komputer yang hanya memiliki CPU (*Central Processing Unit*), dibutuhkan waktu beberapa hari agar model *machine learning* selesai. Proses *training machine learning* dilakukan sebanyak 50.000 *steps*.



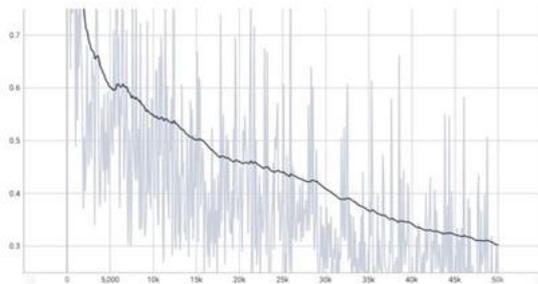
Gambar 10 Classification loss.



Gambar 11 Localization loss.



Gambar 12 Regularization loss.



Gambar 13
Total loss.

Gambar 10 adalah gambar *classification loss* yang menunjukkan ketidaktepatan model *machine learning* pada tahap klasifikasi. Pada model *machine learning* yang dibuat, terdapat satu klasifikasi saja yaitu wajah. Gambar 11 adalah gambar *localization loss* yang menunjukkan ketidaktepatan model *machine learning* saat mendeteksi keberadaan wajah dalam gambar. Deteksi wajah dalam gambar tersebut ditandai dengan kotak pembatas. Gambar 12 adalah gambar *regularization loss* yang menunjukkan tambahan ketidaktepatan, agar model *machine learning* lebih baik dalam mendeteksi gambar wajah diluar dataset yang ada. Gambar 13 adalah gambar total *loss* yang menunjukkan jumlah total *loss* dari *classification loss*, *localization loss*, dan *regularization loss*. Semua grafik pada gambar *loss* tersebut menunjukkan grafik yang menurun. Grafik yang menurun tersebut disebabkan karena semakin lama model *machine learning* di *training*, maka hasil dari model *machine learning* tersebut semakin akurat. Pada *steps* 50.000 nilai *classification loss* yang dihasilkan adalah 0,09, nilai *localization loss* yang dihasilkan adalah 0,08, nilai *regularization loss* yang dihasilkan adalah 0,08. Nilai total *loss* yang dihasilkan adalah 0,25.

B. Pengujian Sistem

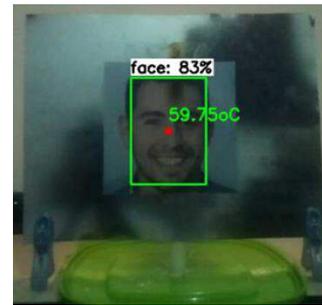
Sistem yang telah dibuat harus diuji terlebih dahulu agar sistem tidak salah dalam mengambil data suhu pada *thermal camera*. Piksel pada Raspberry Pi *camera* harus dicocokkan dengan piksel pada *thermal camera* AMG8833. Pengujian sistem dilakukan dengan mengukur suhu tinggi diatas 40°C. Suhu tinggi tersebut didapat dengan cara menaruh api dibelakang plat besi yang ditempel gambar wajah, sehingga plat besi tersebut panas.



Gambar 14
Saat pengujian sistem.

Gambar 14 adalah gambar saat pengujian sistem. Plat besi gambar wajah tersebut diukur suhunya oleh sistem dan didapat nilai suhu yaitu 59,75°C. Gambar 15 merupakan nilai

suhu plat besi gambar wajah. Nilai suhu tersebut berada pada posisi piksel sumbu x adalah 4 dan sumbu y adalah 3. Gambar 16 merupakan Nilai 64 data suhu pada AMG8833, dan Tabel 1 adalah posisi 64 data suhu AMG8833.



Gambar 15
Nilai suhu plat besi gambar wajah.

```
Object 0: face at (4, 3), [24,0, 24,5, 25,25, 25,25, 24,0, 24,5, 24,5, 24,0, 24,75, 25,25, 25,0, 25,0, 24,75, 24,75, 24,75, 25,0, 25,5, 26,0, 26,0, 25,25, 25,75, 24,5, 25,0, 24,5, 25,0, 25,75, 33,25, 51,0, 32,25, 25,25, 25,0, 25,25, 25,0, 26,5, 34,5, 59,75, 33,75, 26,0, 25,5, 25,25, 25,0, 26,25, 28,0, 28,25, 27,25, 25,25, 25,0, 24,75, 25,25, 25,5, 25,5, 25,5, 25,25, 25,25, 25,0, 25,0, 25,0, 25,0, 25,25, 25,25, 24,5, 25,0, 25,0, 24,5] 59,75 max temp= 59,75
```

Gambar 16
Nilai 64 data suhu pada AMG8833.

Tabel 1 Posisi 64 data suhu AMG8833.

Posisi Piksel	0 (°C)	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	4 (°C)	5 (°C)	6 (°C)	7 (°C)
0	24	24,75	25,5	25	25	25	25,25	25
1	24,5	25,25	26	25,75	26,5	26,25	25,5	25
2	25,25	25	26	33,25	34,5	28	25,5	25,25
3	25,25	25	25,25	51	59,75	28,25	25,5	25,25
4	24	24,75	25,75	32,25	33,75	27,25	25,25	24,5
5	24,5	24,75	24,5	25,25	26	25,25	25,25	25
6	24,5	24,75	25	25	25,5	25	25	25
7	24	25	24,5	25,25	25,25	24,75	25	24,5

C. Kalibrasi Sistem

Proses kalibrasi yang dilakukan adalah membandingkan nilai suhu yang didapat oleh sistem yang telah dibuat dengan dua jenis *thermo gun*. Dua jenis *thermo gun* yang digunakan adalah DN-997 dan FTW01. DN-997 mendapatkan nilai pengukuran suhu cukup stabil, dibandingkan dengan FTW01. Pengukuran dengan dua *thermo gun* tersebut dilakukan dengan cara mengukur suhu di bagian dahi. Nilai suhu yang didapat pada proses kalibrasi diukur pada jarak 62 cm. Penetapan jarak tersebut disebabkan karena pengukuran suhu yang dilakukan sistem sangat sensitif. Jika objek yang diukur bergerak sedikit saja maka akan terdapat perbedaan suhu yang cukup signifikan. Nilai rata - rata perbedaan suhu antara sistem dengan DN-997 adalah 12,42°C. Nilai rata - rata perbedaan suhu tersebut dimasukkan ke dalam pemrograman sistem yang telah dibuat. Tabel 2 adalah tabel perbedaan nilai suhu antara sistem dan DN-997, dan Gambar 17 adalah pengukuran suhu saat sistem belum dikalibrasi.

Tabel 2. Perbedaan nilai suhu antara sistem dan DN-997.

Nama	Perbedaan nilai suhu sistem dan DN-997 (°C)
Ryan	10,9
Anom	11,5
Raihan	11,9
Bilal	12
Maulana	12,1
Dinan	12,71
Andre	12,95
Safhira	13,18
Fatmah	13,4
Mia	13,55
Rata - rata	12,419



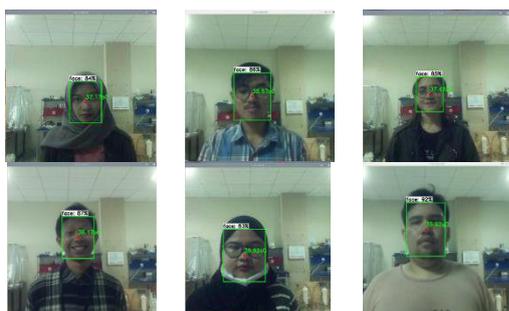
Gambar 17
Pengukuran suhu saat sistem belum dikalibrasi.

D. Pengambilan Data dan Analisis

Pengambilan data dan analisis adalah pengambilan data suhu setelah sistem dikalibrasi. Pengambilan data setelah sistem dikalibrasi, masih sama caranya dengan pengambilan data saat kalibrasi sistem. Setelah sistem dikalibrasi perbedaan suhu antara sistem dan DN-997 menjadi lebih kecil. Sebelum dikalibrasi perbedaan suhu antara sistem dan DN-997 adalah 12,42°C. Setelah dikalibrasi nilai rata - rata perbedaan suhunya menjadi 0,29°C. Tabel 3 adalah tabel perbedaan nilai suhu antara sistem dan DN-997 setelah sistem dikalibrasi. Dan Gambar 18 adalah pengukuran suhu saat sistem setelah dikalibrasi.

Tabel 3 Perbedaan nilai suhu antara sistem dan DN-997 setelah sistem dikalibrasi.

Nama	Perbedaan nilai suhu sistem dan DN-997 (°C)
Ryan	0,23
Mia	0,27
Laila	0,67
Ardi	0,2
Andre	0,08
Raihan	0,08
Anom	0,26
Serly	0,47
Miska	0,05
Dinan	0,58
Rata - rata	0,289



Gambar 18
Pengukuran suhu saat sistem setelah dikalibrasi.

Pengukuran suhu jika jarak objek yang diukur dimajukan dan dijauhkan sebesar 10 cm, dari jarak optimalnya yaitu 62 cm memiliki nilai perbedaan suhu yang berbeda. Jarak yang dimajukan adalah 52 cm dan jarak yang dijauhkan adalah 72 cm. Hasilnya perbedaan suhu yang didapat pada jarak 52 cm adalah 1,51°C dan perbedaan suhu yang didapat pada jarak 72 cm adalah 1,21°C. Perbedaan tersebut disebabkan karena terdapat perbedaan piksel antara AMG8833 dan Raspberry Pi camera. Kamera termal yang memiliki piksel yang lebih tinggi dapat berpengaruh pada pengukuran suhu yang lebih stabil. Tabel 4 adalah nilai rata - rata perbedaan suhu antara sistem dan DN-997, pada jarak 52 cm dan 72 cm. Dan Gambar 19 adalah pengukuran suhu pada jarak 52 cm dan 72 cm.

Tabel 4 Perbedaan nilai suhu pada jarak 52 cm dan 72 cm.

Nama	Perbedaan nilai suhu sistem dan DN-997 (°C) 52 cm	Perbedaan nilai suhu sistem dan DN-997 (°C) 72 cm
Dinan	1,22	1,23
Raihan	0,77	1,28
Ryan	2,37	1,18
Ardi	1,62	1,18
Faiz	1,57	1,18
Rata - rata	1,51	1,21



Gambar 19
Pengukuran suhu pada jarak 52 cm dan 72 cm.

V. KESIMPULAN

Model *machine learning* yang telah dibuat dengan metode *transfer learning* di *training* sebanyak 50.000 *steps*. Nilai total *loss* yang didapat adalah 0,25. Model *machine learning* yang telah dibuat menghasilkan deteksi wajah yang cukup akurat.

Pengukuran suhu tubuh yang dilakukan oleh sistem memiliki jarak optimal 62 cm. Pada jarak tersebut, pengukuran suhu memiliki perbedaan nilai suhu dengan *thermo gun*. Nilai perbedaan suhu tersebut yaitu 0,29°C setelah dikalibrasi. Sebelum dikalibrasi perbedaan suhunya cukup besar yaitu 12,42°C. Jika jarak dimajukan dan dijauhkan sebesar 10 cm dari jarak optimal, terdapat perbedaan suhu. Nilai perbedaan suhu pada jarak 52 cm adalah 1,51°C. Nilai perbedaan pada jarak 72 cm adalah 1,21°C. Perbedaan tersebut disebabkan karena terdapat perbedaan piksel antara AMG8833 dan Raspberry Pi camera, sehingga menyebabkan pengukuran suhu yang kurang stabil.

REFERENSI

- [1] N. S. Sagita, "COVID-19 RI Tambah 1.142 Kasus Per 3 Oktober, Meninggal 58 Jiwa," Detikhealth, 3 Oktober 2021. [Online]. Available: <https://health.detik.com/berita-detikhealth/d-5751121/covid-19-ri-tambah-1142-kasus-per-3-oktober-meninggal-58-jiwa>. [Diakses 3 Oktober 2021].
- [2] Pittara, "COVID-19," Alodokter, 22 Juni 2022. [Online]. Available: <https://www.alodokter.com/covid-19>. [Diakses 3 Januari 2023].
- [3] Supria dan M. Nasir, "Monitoring of Body Temperature Non Contact Using AMG8833 Thermal Camera and Face detection," dalam *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif*, Banyuwangi, 2020.
- [4] R. T. Hafasari dan S. R. Isnani, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Wajah dan Pendeteksi Suhu Tubuh Otomatis Guna Meminimalisir Penyebaran Covid 19," *Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*, 3 Mei 2021.
- [5] R. Fadli, "Bagaimana Cara Mengukur Suhu Tubuh Manusia yang Tepat?," Halodoc, 18 Maret 2021. [Online]. Available: <https://www.halodoc.com/artikel/bagaimana-cara-mengukur-suhu-tubuh-manusia-yang-tepat>. [Diakses 19 Oktober 2021].
- [6] Definate Tech, "What Do The Colors Mean In Thermal Imaging?," Definate Tech, 17 November 2021. [Online]. Available: <https://definatetech.com/what-do-the-colors-mean-in-thermal-imaging/>. [Diakses 10 Desember 2021].
- [7] Med-Hot, "Measuring Infrared Temperature," Med-Hot, [Online]. Available: <https://med-hot.com/measuring-infrared-temperature/>. [Diakses 10 Desember 2021].
- [8] R. Electric, "Apa Itu Thermal Camera?," Radius, 7 Desember 2020. [Online]. Available: <https://www.radius.co.id/apa-itu-thermal-camera/>. [Diakses Oktober 19 2021].
- [9] S. Matzner, V. I. Cullinan dan C. A. Duberstein, "Two-dimensional thermal video analysis of offshore bird and bat flight," *Ecological Informatics*, vol. 30, no. 30, pp. 20-28, 2015.
- [10] S. A. Pradana, "Single-Board Computer Compendium," Medium, 4 Oktober 2019. [Online]. Available: <https://medium.com/mii-cybersec/single-board-computer-compendium-9c617cd804f9#:~:text=Single%2DBoard%20Computer%2C%20atau,dibutuhkan%20sebuah%20komputer%20untuk%20berfungsi>. [Diakses 5 Desember 2021].
- [11] Randogless dan dychen, "SBC - Single Board Computers," Element14 Essentials, 29 Januari 2021. [Online]. Available: <https://community.element14.com/learn/learning-center/essentials/w/documents/3658/element14-essentials-sbc---single-board-computers#sec7>. [Diakses 12 Desember 2021].
- [12] N. Donges, "What Is Transfer Learning? Exploring the Popular Deep Learning Approach.," BuiltIn, 25 Agustus 2022. [Online]. Available: <https://builtin.com/data-science/transfer-learning>. [Diakses 3 Januari 2023].
- [13] R. Adam, "Transfer Learning: Solusi Deep Learning dengan Data Sedikit," Structilmy, 31 Januari 2021. [Online]. Available: <https://structilmy.com/blog/2021/01/31/transfer-learning-solusi-deep-learning-dengan-data-sedikit/>. [Diakses 3 Januari 2023].
- [14] D. Bourke, "Transfer Learning with TensorFlow Part 1: Feature Extraction," ZTM, 14 Agustus 2021. [Online]. Available: https://dev.mrdbourke.com/tensorflow-deep-learning/04_transfer_learning_in_tensorflow_part_1_feature_extraction/. [Diakses 2023 Januari 2023].
- [15] D. Bourke, "Transfer Learning with TensorFlow Part 2: Fine-tuning," ZTM, 22 Juni 2021. [Online]. Available: https://github.com/mrdbourke/tensorflow-deep-learning/blob/main/05_transfer_learning_in_tensorflow_part_2_fine_tuning.ipynb. [Diakses 2023 Januari 2023].
- [16] A. Syaikhoni dan A. Aris, "Deteksi Objek dengan Tensorflow Object Detection API," Binus University, 26 Desember 2018. [Online]. Available: <https://mti.binus.ac.id/2018/12/26/deteksi-objek-dengan-tensorflow-object-detection-api/>. [Diakses 3 Januari 2023].
- [17] T.-Y. Lin, M. Maire dan S. Belongie, "Common Objects in Context," Cocodataset, 21 Februari 2015. [Online]. Available: <https://cocodataset.org/#home>. [Diakses 3 Januari 2023].
- [18] Tensorflow, "TensorFlow 2 Detection Model Zoo," Tensorflow, 8 Mei 2021. [Online]. Available: https://github.com/tensorflow/models/blob/master/research/object_detection/g3doc/tf2_detection_zoo.md. [Diakses 3 Januari 2023].
- [19] Y. Xiong, K. Zhu, D. Lin dan X. Tang, "WIDER FACE: A Face Detection Benchmark," Multimedia Laboratory, Department of Information Engineering, The Chinese University of Hong Kong, 2016. [Online]. Available: <http://shuoyang1213.me/WIDERFACE/>. [Diakses 3 November 2022].