

# PERANCANGAN HARDWARE HEALTHCARE IOT / BODY AREA NETWORK MENGGUNAKAN THERMAL CAMERA

1<sup>st</sup> Renaldi Fajar Julianto  
Fakultas Ilmu Terapan  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia

[renaldifj@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:renaldifj@student.telkomuniversity.ac.id)

2<sup>nd</sup> Muhammad Ikhsan Sani  
Fakultas Ilmu Terapan  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia

[ikhansani@telkomuniversity.ac.id](mailto:ikhansani@telkomuniversity.ac.id)

3<sup>rd</sup> Muhammad Rizqy Alfarisi  
Fakultas Ilmu Terapan  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia

[mrizkyalfarisi@telkomuniversity.ac.id](mailto:mrizkyalfarisi@telkomuniversity.ac.id)

**Abstrak** — Pemantauan suhu tubuh memiliki peran penting dalam deteksi penyakit dan antisipasi kondisi yang berpotensi membahayakan jiwa. Meskipun banyak yang meyakini bahwa suhu tubuh normal manusia adalah 37°C, pada faktanya suhu tubuh normal bervariasi antara 36,5°C hingga 37,2°C. Saat ini, banyak tenaga medis masih mengandalkan termometer yang hanya mampu mengukur suhu pada bagian tertentu tubuh manusia. Proyek ini bertujuan untuk membantu tenaga medis melakukan pengecekan suhu manusia secara akurat dan detail. Dalam proyek ini, kami menggunakan FLIR ONE thermal camera yang terintegrasi dengan smartphone berbasis Android. Data suhu yang terdeteksi kemudian dikirim secara nirkabel ke laptop, yang memungkinkan pengguna untuk memantau suhu tubuh pasien secara langsung. Pada proyek ini juga dilakukan proses verifikasi keakuratan data dengan menggunakan histogram pada setiap gambar yang diambil oleh kamera termal yang akan diproses menggunakan program berbasis bahasa python. Dari serangkaian pengujian yang dilakukan, ditemukan bahwa kamera termal FLIR ONE dapat mendeteksi suhu tertinggi pada seseorang dengan tingkat akurasi antara 96%-98%, tergantung pada jarak target dengan kamera termal. Namun, keakuratan kamera termal dapat mengalami penurunan antara 2%-6% dari tingkat akurasi awal apabila target dan jarak meningkat.

**Kata kunci**—Suhu, kamera termal, histogram

## I. PENDAHULUAN

Kesehatan merupakan elemen vital dalam segala aktivitas yang dilakukan oleh manusia[1]. Untuk itulah perlu dilakukannya monitoring kesehatan secara rutin, agar dapat segera diambil tindakan pada saat terdapat tanda-tanda kesehatan menurun[1]. Terdapat 3 aspek tanda vital pada manusia, yaitu tekanan darah, denyut nadi, dan suhu tubuh[2]. Dari ketiga aspek tersebut, suhu tubuh merupakan salah satu aspek yang perlu diperhatikan[2].

Dalam dunia kesehatan, alat pengukuran suhu tubuh umumnya menggunakan termometer. Cara penggunaan termometer dengan diselipkan ke ketiak atau ke dalam mulut selama 3-5 menit[3]. Penggunaan termometer berbentuk tabung dari kaca rentan pecah dan menimbulkan kekhawatiran jika terjadinya infeksi nosokomial karena adanya kontak langsung dengan tubuh[3].

Penggunaan thermogun juga kerap dipakai sebagai alat untuk pengukuran suhu tubuh pada saat pandemi

covid-19. Namun, Penggunaan thermogun dengan diarahkan ke dahi belum dikatakan aman karena membutuhkan operator untuk mengoperasikannya[4]. Berdasarkan hal tersebut jarak pengukuran menggunakan thermogun masih berpeluang tertularnya covid-19 melalui udara ketika seseorang bersin atau batuk[4].

Dari latar belakang inilah, muncul sebuah gagasan untuk mengimplementasikan sebuah kamera termal dengan sebuah laptop atau mini-pc untuk memantau pasien dari ruangan tertentu secara nirkabel agar operator atau pengguna tidak berisiko tertular penyakit tertentu melalui pasien yang terjangkit.

## II. KAJIAN TEORI

### A. Kamera Termal FLIR ONE



FLIR ONE adalah kamera pencitraan termal yang dirancang untuk membantu para profesional menemukan masalah lebih cepat dan menyelesaikan lebih banyak pekerjaan dalam waktu lebih singkat. Jarak deteksi aman pada FLIR ONE maksimal 3m (10 kaki) dan dapat digunakan pada suhu ruang 32°F -95°F (0°C - 35°C) dan bisa mendeteksi suhu dari -4°F - 248°F (-20°C - 120°C). Dalam proyek akhir ini, kamera FLIR ONE digunakan sebagai human detection camera dan perangkat untuk pengambilan gambar termal untuk menganalisis suhu dalam histogram.

### B. OpenCV

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) adalah sebuah library open source yang dikembangkan oleh intel yang berfokus untuk menyederhanakan programing terkait citra digital. Di dalam OpenCV sudah mempunyai banyak fitur, antara lain: pengenalan wajah, pelacakan wajah, deteksi wajah, Kalman filtering, dan berbagai jenis metode AI

(Artificial Intelligence). Dan menyediakan berbagai algoritma sederhana terkait Computer Vision untuk low level API.

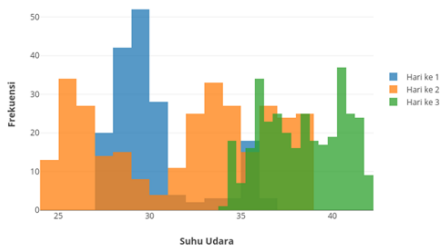
OpenCV merupakan open source computer vision library untuk Bahasa pemrograman C/C++ dan telah dikembangkan ke Python, Java, Matlab.

OpenCV mempunyai banyak fitur yang dapat dimanfaatkan, fitur-fitur tersebut antara lain :

1. Image and Video I/O
2. Computer Vision secara umum dan pengolahan citra digital
3. Modul Computer vision high level
4. Metode untuk AI dan machine learning
5. Sampling gambar dan transformasi
6. Metode untuk menciptakan dan menganalisa gambar biner[16].

Dalam proyek ini OpenCV digunakan untuk memotong gambar greyscale untuk mengekstrak sebuah region of interest (ROI), yang kemudian dikonversi menjadi skala warna sesuai dengan suhu biru – merah (dingin – panas). OpenCV juga berfungsi untuk menampilkan tampilan histogram dalam jendela matplotlib.

### C. Histogram



Histogram adalah representasi visual dari distribusi frekuensi suatu data. Ini adalah grafik batang yang menunjukkan seberapa sering nilai-nilai tertentu muncul dalam kumpulan data. Histogram membantu dalam memahami pola distribusi data dan dapat memberikan gambaran visual tentang bentuk kurva distribusi.

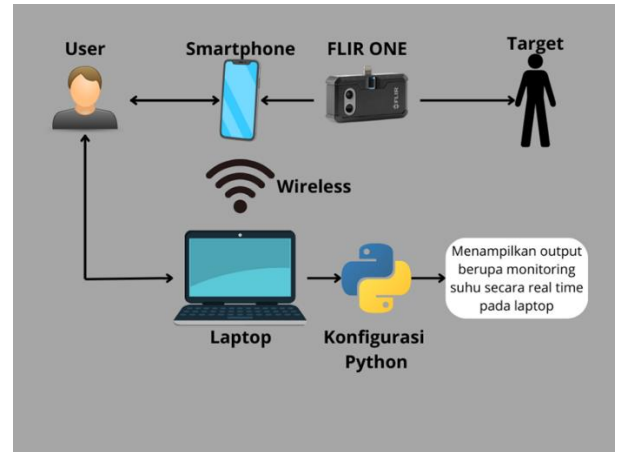
Berikut adalah beberapa komponen utama dari histogram :

1. Batang (Bar): Setiap batang pada histogram mewakili rentang nilai tertentu, dan tinggi batang menunjukkan seberapa sering nilai-nilai dalam rentang itu muncul. Semakin tinggi batang, semakin banyak data yang memiliki nilai di rentang tersebut.
2. Axis (Sumbu): Histogram memiliki dua sumbu, yaitu sumbu horizontal (x-axis) dan sumbu vertikal (y-axis). Sumbu horizontal menunjukkan nilai-nilai data atau rentang nilai, sedangkan sumbu vertikal menunjukkan frekuensi atau jumlah kemunculan nilai-nilai tersebut.
3. Bin (Kelompok): Rentang nilai-nilai dibagi menjadi kelompok-kelompok atau "bin." Setiap batang mewakili frekuensi nilai-nilai dalam suatu bin.

Dalam proyek ini histogram digunakan untuk menampilkan seberapa besar frekuensi yang keluar sesuai dengan suhu yang dideteksi (panas maupun dingin). Poin yang difokuskan dalam histogram ini ialah suhu pada area kepala manusia atau suhu yang paling tinggi dalam gambar kamera termal.

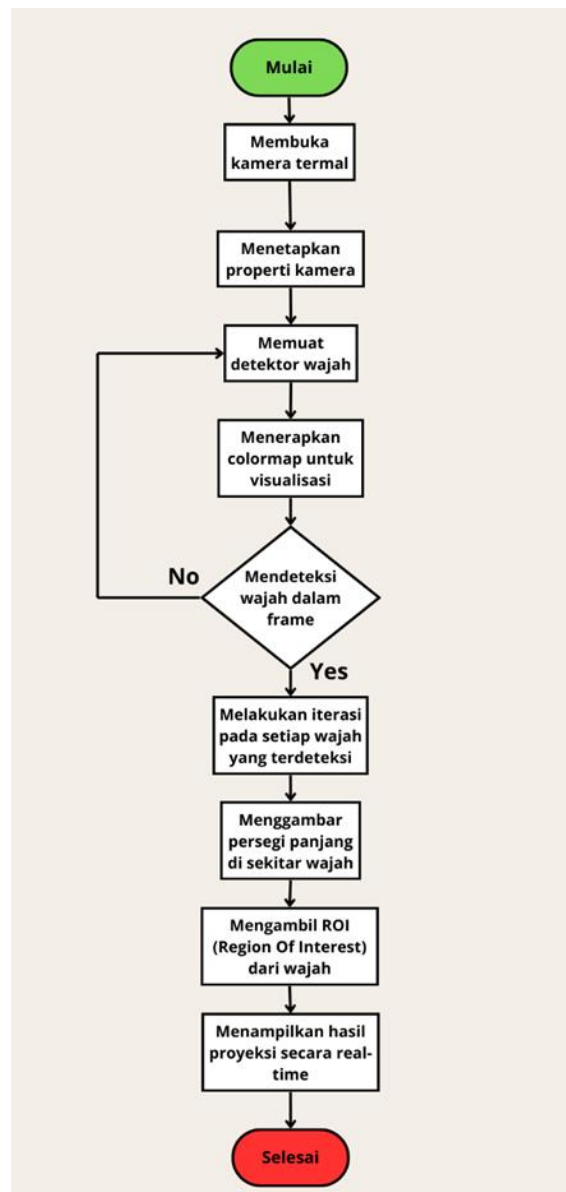
## III. ANALISIS DAN PERANCANGAN

### A. Gambaran Sistem Usulan



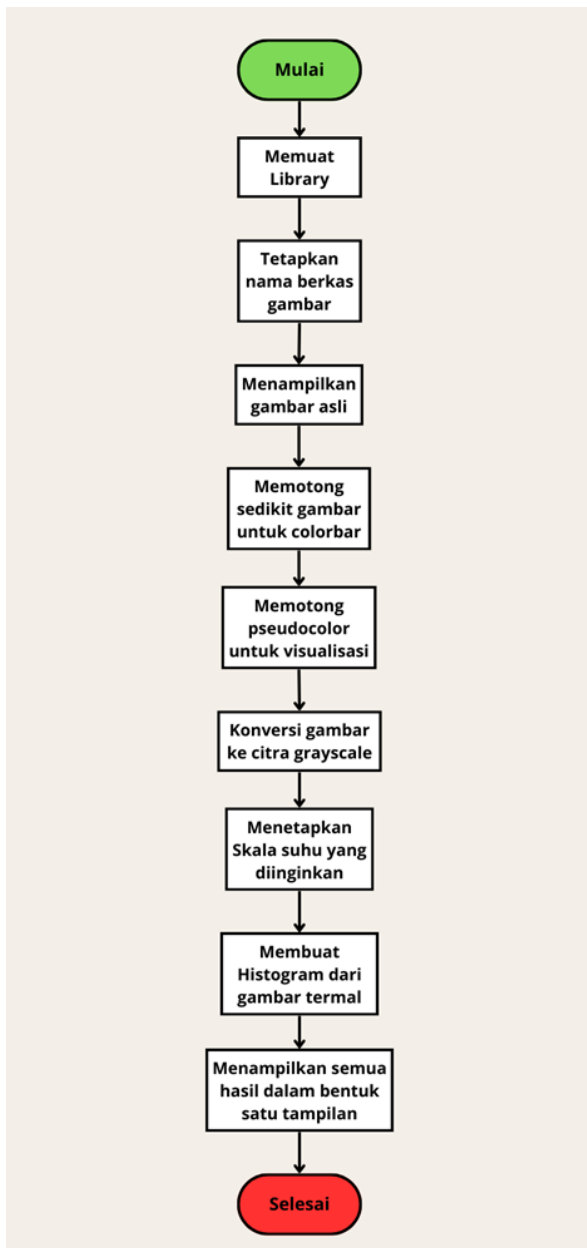
Cara kerja sistem yang diusul ialah apabila FLIR ONE sudah terhubung ke perangkat smartphone, maka hubungkan smartphone dengan jaringan yang sama dengan laptop. Setelah kedua perangkat sudah terhubung dengan wifi yang sama, kami menggunakan screen mirroring agar mendapat tampilan aplikasi FLIR ONE yang berada di smartphone berbasis Android ke perangkat laptop. Dari situlah kami dapat menambahkan kodingan berupa face tracking dengan menggunakan aplikasi pycharm pada perangkat laptop.

### B. Flowchart Perancangan Sistem Human Detection Secara Real-Time



Pada flowchart diatas menjelaskan cara kerja sistem human detection atau pendeteksi wajah manusia. Alur dimulai Ketika kamera termal sudah terhubung pada smartphone yang dihubungkan secara wireless dengan perangkat laptop. Setelah semua perangkat telah terhubung maka sistem akan membuka screen mirror pada virtual kamera. Dan memuat program pendeteksi wajah. Ketika program mendeteksi wajah, program akan melakukan iterasi dan menggambar persegi Panjang di sekitar wajah target. Jika program tidak mendeteksi adanya wajah dalam frame, maka program akan mengulang Kembali proses pendeteksian wajah. Jika program sudah mendeteksi wajah, maka akan dilakukan pengulangan (looping) pada penggambaran persegi disekitaran wajah target. Hingga program diberhentikan oleh pengguna.

### C. Flowchart Perancangan Sistem Perolehan Data Berupa Histogram



Pada flowchart diatas dijelaskan bahwa awal proses dimulai pada penetapan nama berkas gambar yang diinginkan. Setelah ditemukan berkas tersebut, program akan menunjukkan gambar asli pada tampilan. Kemudian program akan memotong sebagian gambar asli yang telah diekstrak menjadi colorbar dan akan ditampilkan untuk visualisasi. Dan program akan mengekstrak wilayah RGB

dari gambar kemudian menampilkan gambar pseudocolor yang dipotong untuk visualisasi. Kemudian gambar RGB dikonversikan ke citra grayscale dan akan ditampilkan untuk visualisasi. Tetapkan skala suhu yang diinginkan dalam histogram lalu program akan membuat histogram dari gambar termal dan akan di visualisasikan. Selanjutnya program akan menampilkan semua hasil pengolahan, termasuk gambar RGB asli, gambar pseudocolor, gambar terindeks, gambar termal setelah skala suhu, dan histogram menjadi 1 frame menggunakan matplotlib.

## IV. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

### A. Implementasi

Implementasi dari kamera FLIR ONE yang digunakan bertujuan untuk memonitoring suhu pada tubuh manusia secara langsung dan dapat dimonitoring melalui perangkat laptop. Hasil foto dari kamera FLIR ONE juga digunakan sebagai data suhu melalui histogram.

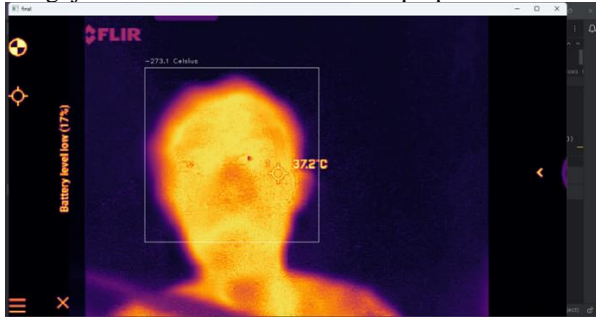
Tujuan utama dari implementasi ini adalah untuk memberikan detail pembacaan suhu manusia dengan menampilkan suhu sesuai warna melalui hasil histogram yang telah diproses dengan post processing foto dari kamera FLIR ONE.

Berikut adalah penjelasan tentang implementasi dari kamera FLIR ONE :

1. Persiapan Hardware:
  - a. Siapkan kamera FLIR ONE, smartphone berbasis Android, dan Laptop.
  - b. Gunakan kabel Type C untuk menghubungkan *smartphone* dengan laptop.
2. Koneksi Hardware:
  - a. Hubungkan *smartphone* dengan laptop terlebih dahulu untuk proses screen mirroring.
  - b. Setelah screen mirroring terhubung melalui wifi. Hubungkan kamera FLIR ONE dengan *smartphone*.
3. Pengaturan Perangkat Lunak:
  - a. Pastikan *smartphone* sudah terhubung dengan laptop secara wireless menggunakan scrcpy.
  - b. Setelah *smartphone* berhasil terhubung. Buka aplikasi obs pada laptop untuk menjadikan aplikasi scrcpy menjadi virtual camera.
  - c. Konfigurasi virtual camera menggunakan aplikasi Pycharm agar hasil dari kamera FLIR ONE dapat muncul pada perangkat laptop.
4. Pengolahan suhu menjadi histogram:
  - a. Gunakan aplikasi pycharm pada perangkat laptop untuk mengubah foto (grey 16) menjadi data histogram.
  - b. Identifikasi dan klasifikasi suhu tubuh manusia normal yaitu antara 36,5°C hingga 37,2°C.
5. Uji Tingkat Suhu tubuh manusia.
  - a. Jalankan aplikasi FLIR ONE pada smartphone berbasis Android.
  - b. Ambil gambar (gray 16) dari target yang ingin kita cek suhunya.
  - c. Gunakan aplikasi pycharm untuk mengubah gambar menjadi tampilan histogram beserta detail lainnya.
6. Analisis dan Evaluasi.
  - a. Analisis data yang diperoleh dari kamera FLIR ONE. Gunakan data yang telah dihasilkan melalui histogram agar dapat melihat suhu tertinggi pada bar suhu dan banyaknya frekuensi suhu tertinggi yang muncul pada bar frekuensi.

## B. Pengujian

### a. Pengujian Human Detection Pada Laptop



Pada gambar diatas bisa dilihat bahwa aplikasi screen mirroring dan aplikasi virtual kamera dapat menampilkan tampilan aplikasi FILR ONE pada smartphone yang ditunjukkan melalui tampilan pada laptop.

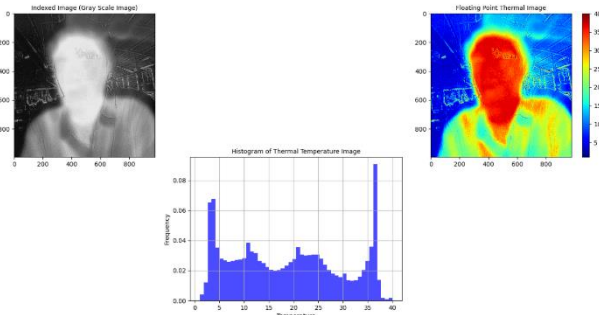
Gambar diatas juga menunjukkan bahwa program dapat mendeteksi manusia dengan membuat persegi dalam area ROI (Region Of Interest). Program tidak akan membuat persegi jika area ROI tidak terdeteksi. Area deteksi hanya mencakup wajah manusia saja.

### b. Skenario Pengujian Kamera Termal Dan Thermogun Pada Target Pertama

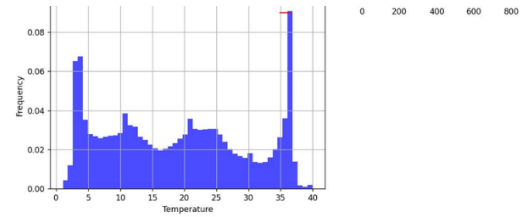
Berikut adalah perbandingan suhu antara kamera termal, histogram, dan thermogun dengan jarak kamera termal (1m) dan jarak thermogun (3cm) dengan memfokuskan untuk mendeteksi suhu pada area kepala bagian atas.



Pada gambar diatas pengukuran suhu menggunakan aplikasi FLIR ONE, diambil data dari jarak 95cm dengan kondisi ruangan yang bersifat outdoor. Hasil pengukuran menunjukkan suhu pada dahi target sebesar 37,4°C.



Dalam gambar diatas ditampilkan bahwa gambar kiri adalah citra grayscale, kanan adalah thermal image, dan pada bagian bawah adalah histogram. pengguna dapat menentukan suhu dengan melihat colorbar dan thermal image. Namun jika pengguna ingin mengetahui suhu tertinggi dan seberapa besar frekuensi warna merah yang keluar dalam gambar termal tersebut. Pengguna dapat melihat melalui histogram.



Dalam gambar diatas dapat dilihat dalam persegi berwarna merah ( $x$ =suhu,  $y$ =frekuensi). Dalam gambar diketahui  $x=36^{\circ}\text{C}$  dan memiliki frekuensi sebesar 0,08. Hal ini dapat ditemukan dengan menggunakan cursor pada laptop yang diarahkan ke bagian pada histogram tersebut seperti pada garis merah diatas.



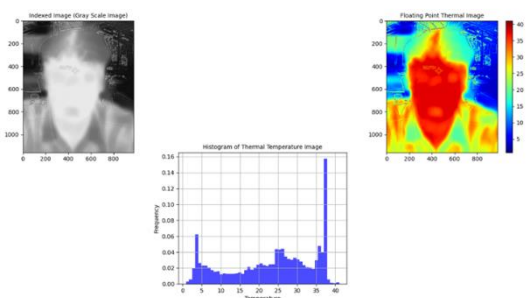
Pada gambar diatas menunjukkan bahwa suhu yang dideteksi thermogun pada target pertama ialah 37,2°C berbeda dengan menggunakan kamera termal maupun menggunakan histogram. Perbedaan antara suhu thermogun, kamera termal, data histogram adalah selisih 0,2°C pada masing-masing percobaan.

### c. Skenario Pengujian Kamera Termal Dan Thermogun Pada Target Kedua

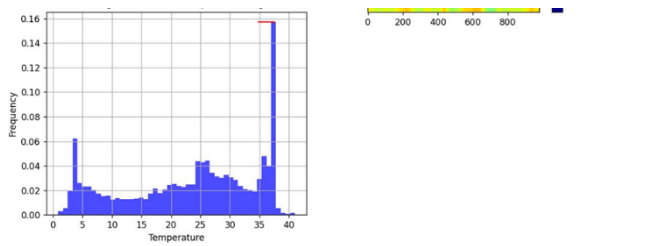
Pada skenario ini tidak berbeda dengan percobaan sebelumnya. Namun pengujian dilakukan dengan target yang berbeda yang nantinya akan dilakukan pengujian data histogram pada kedua target tersebut.



Pada gambar diatas pengukuran suhu target kedua dengan menggunakan aplikasi FLIR ONE mendapatkan suhu 38,1°C. Dengan kondisi ruangan outdoor yang bersuhu kisaran 30°C - 33°C.



Gambar diatas adalah tampilan dari matplotlib yang didalamnya terdapat citra grayscale asli gambar, thermal image, dan histogram. Pengguna dapat melihat suhu target pada bagian cropped thermal image dan histogram.



Dapat dilihat pada gambar diatas sumbu ( $x$ =suhu) sedangkan sumbu ( $y$ =frekuensi). Maksud dari frekuensi dalam histogram ini ialah banyaknya muncul pixel pada daerah tertentu pada gambar. Pada Gambar 4.8 pengguna ingin melihat suhu tertinggi atau pixel berwarna merah pada thermal image. Dan didapatkan suhu berkisar  $37,1^{\circ}\text{C} - 37,9^{\circ}\text{C}$  dengan frekuensi keluaran pixel di 0,1566.



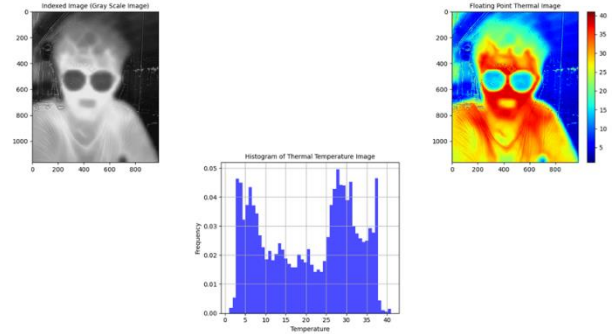
Pada gambar diatas thermogun mendapatkan hasil  $37^{\circ}\text{C}$  pada target kedua. Berbeda dengan hasil pada aplikasi FLIR ONE yang mendapatkan suhu  $38,1^{\circ}\text{C}$  dan histogram yang mendapat suhu kisaran  $37,1^{\circ}\text{C} - 37,9^{\circ}\text{C}$ .

d. Skenario Pengujian Kamera Termal Dan Thermogun Pada Target Ketiga

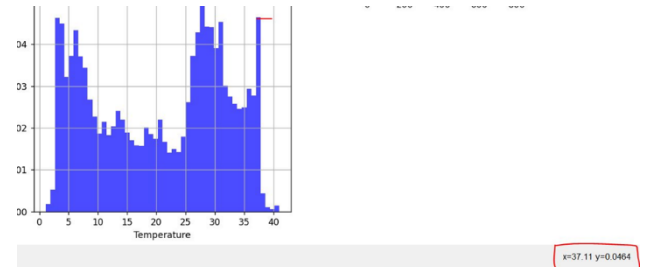
Skenario ini menggunakan target yang berbeda dari sebelumnya. Namun, jarak pengambilan suhu masih serupa, yaitu kamera termal (1 m) dan termogun (3 cm) dari target yang ingin diperiksa suhunya.



Pada gambar diatas didapatkan hasil pengukuran suhu dari aplikasi FLIR ONE pada target ketiga adalah  $37,3^{\circ}\text{C}$ . Dengan kondisi ruangan outdoor bersuhu kisaran  $30^{\circ}\text{C} - 33^{\circ}\text{C}$ .



Pada gambar diatas terdapat tampilan matplotlib seperti pada gambar lainnya. Dalam tampilan matplotlib ditunjukkan citra grayscale, Thermal Image, dan histogram.



Pada gambar diatas pengguna ingin melihat suhu tertinggi atau pixel berwarna merah pada thermal image. Dan didapatkan suhu sebesar  $37,11^{\circ}\text{C}$  dengan frekuensi keluaran pixel di 0,0464.



Pada gambar diatas pengukuran suhu menggunakan thermogun pada target ketiga terdeteksi suhu sebesar  $36,7^{\circ}\text{C}$ . Hasil dari thermogun tersebut berbeda dengan hasil yang didapat pada kamera termal. Kamera termal mendeteksi suhu target ketiga sebesar  $37,1^{\circ}\text{C}$  sedangkan suhu histogram hampir sama dengan suhu kamera termal yaitu di  $37,11^{\circ}\text{C}$ .

e. Tabel Ringkasan Skenario Pengujian

| No. | Skenario Pengujian | Jarak Kamera Termal (m) | Jarak Thermogun (cm) | Suhu Pada Kamera Termal ( $^{\circ}\text{C}$ ) | Suhu Pada Thermogun ( $^{\circ}\text{C}$ ) | Error ( $^{\circ}\text{C}$ ) | Akurasi (%) | Keterangan  |
|-----|--------------------|-------------------------|----------------------|--|--|------------------------------|-------------|---|
| 1   | Target Pertama     | 1 m                     | 3 cm                 | $37,4^{\circ}\text{C}$                         | $37,2^{\circ}\text{C}$                     | $0,2^{\circ}\text{C}$        | 99,8%       | Pada skenario ini pengukuran suhu pada thermogun mendapatkan $37,2^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan suhu yang didapat pada kamera termal adalah $37,4^{\circ}\text{C}$ . Perbedaan ini dikarenakan jarak pengukuran yang berbeda. |
| 2   | Target Kedua       | 1 m                     | 3 cm                 | $38,1^{\circ}\text{C}$                         | $37^{\circ}\text{C}$                       | $1,1^{\circ}\text{C}$        | 98,9%       | Pada skenario ini terlihat bahwa suhu pada kamera termal  |

| No. | Skenario Pengujian | Jarak Kamera Termal (m) | Jarak Thermogun (cm) | Suhu Pada Kamera Termal (°C) | Suhu Pada Thermogun (°C) | Error (°C) | Akurasi (%) | Keterangan   |
|-----|--------------------|-------------------------|----------------------|------------------------------|--------------------------|------------|-------------|--|
|     |                    |                         |                      |                              |                          |            |             | lebih tinggi dibanding suhu pada thermogun. Suhu pada kamera termal adalah 38,1°C sedangkan thermogun mendapat 37°C.   |
| 3   | Target Ketiga      | 1 m                     | 3 cm                 | 37,3°C                       | 36,7°C                   | 0,6°C      | 99,4%       | Pada skenario ini suhu yang didapat pada target ketiga dengan kamera termal ialah 37,3°C dan thermogun ialah 36,7°C. terdapat error pada kamera termal sebesar 0,6°C jika dibandingkan dengan thermogun. Hal ini dapat diperoleh karena jarak pengukuran thermogun lebih pendek dibanding kamera termal. |

Pada diatas didapatkan ringkasan hasil pengujian keseluruhan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan kamera FLIR ONE dengan thermogun memberikan hasil 99,8% untuk target pertama, 98.9% untuk target kedua, 99.4% untuk target ketiga.

#### V. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa :

1. Sistem dapat menampilkan tampilan kamera termal secara langsung dengan menggunakan screen mirroring dan virtual kamera, ditambahkan dengan program human detection menggunakan aplikasi pengkodean PyCharm.
2. Sistem dapat memproyeksikan suhu dalam bentuk histogram. Jika kamera termal dibandingkan dengan thermogun, suhu yang ditampilkan pada histogram untuk target pertama, kedua, maupun ketiga memiliki hasil yang berbeda. Hal ini dapat disebabkan oleh faktor jarak termogun (3 cm) dan jarak kamera termal (1 m). Namun, dengan menggunakan kamera termal dan metode pengambilan data histogram, pengguna dapat mengetahui bagian mana saja yang suhunya tinggi dan rendah melalui warna pada tampilan heatmap pada matplotlib.

#### REFERENSI

- [1] M. F. R. Fikri and S. Suyanto, "Rancang bangun prototipe monitoring suhu tubuh manusia berbasis OS android menggunakan koneksi bluetooth," Jurnal Teknik ITS, vol. 2, no. 1, pp. A213–A216, 2013.
- [2] D. Hardiyanto, R. Wijaya, and R. Nur Hidayah, "Rancang Bangun Sistem Simulasi Pemeriksaan Suhu Tubuh pada Vital Sign Simulator untuk Pelatihan Keterampilan Medik Mahasiswa Kedokteran," 2012.
- [3] W. Widhiada, I. N. G. Antara, I. N. Budiarsa, and I. M. G. Karohika, "The robust pid control system of temperature stability and humidity on infant incubator based on arduino at mega 2560," in IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing, 2019, p. 012046.
- [4] L. Wiwin, "Implementasi Sistem Pengukuran Suhu Tubuh Menggunakan Sensor AMG8833 Dalam Pengisian Formulir Self Essessment Sebagai

Pencegahan Penularan Covid-19," Universitas Andalas, 2022.

- [5] M. Jiono et al., "Prosiding Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat (HAPEMAS 2) THERMAL CAMERA SEBAGAI PENGENDALIAN COVID-19 DI DUSUN TURI, DESA KEPUHARJO, KECAMATAN KARANGPLOSO."
- [6] L. Nkuzimana, "A thermal camera based continuous body temperature measurement system for pandemic emergencies," Nelson Mandela African Institution of Science and Technology, Arusha, 2022. doi: 10.58694/20.500.12479/1601.
- [7] H. M. Nayottama, M. Rivai, and H. Pirngadi, "Sistem Keamanan pada Peternakan Sapi Menggunakan Kamera Termal dan Metode Algoritma YOLO," Jurnal Teknik ITS, vol. 12, no. 2, pp. A96–A101, 2023.
- [8] A. Hendryani, Vita Nurdinawati, and Andy Sambiono, "Implementation of Thermal Camera for Human Stress Detection: A Review," International Journal of Electrical, Computer, and Biomedical Engineering, vol. 1, no. 2, pp. 108–119, Dec. 2023, doi: 10.62146/ijecbe.v1i2.28.
- [9] A. Procházka, H. Charvátová, O. Vyšata, J. Kopal, and J. Chambers, "Breathing analysis using thermal and depth imaging camera video records," Sensors (Switzerland), vol. 17, no. 6, Jun. 2017, doi: 10.3390/s17061408.
- [10] P. Jakkaew and T. Onoye, "Non-contact respiration monitoring and body movements detection for sleep using thermal imaging," Sensors (Switzerland), vol. 20, no. 21, pp. 1–14, Nov. 2020, doi: 10.3390/s20216307.
- [11] J.-W. Lin, M.-H. Lu, and Y.-H. Lin, "A Thermal Camera Based Continuous Body Temperature Measurement System," in 2019 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision Workshop (ICCVW), IEEE, Oct. 2019, pp. 1681–1687. doi: 10.1109/ICCVW.2019.00208.
- [12] S. I. Purnama, I. Hikmah, and M. A. Afandi, "Development of Low-Cost Thermal Camera for Examine Human Body Temperature," in Journal of Physics: Conference Series, IOP Publishing Ltd, Jul. 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1951/1/012033.
- [13] E. S. Barr, "The Infrared Pioneers—II. Macedonio Melloni," Infrared Phys, vol. 2, no. 2, pp. 67–74, Apr. 1962, doi: 10.1016/0020-0891(62)90023-4.
- [14] Wikipedia Contributors, "Thermographic Camera." Accessed: Feb. 06, 2024. [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Thermographic\\_camera](https://en.wikipedia.org/wiki/Thermographic_camera)
- [15] J. Mantik, M. Rusdi, and F. Nova Hulu, "Body Temperature Monitoring System For Covid-19 Prevention Using Amg8833 Thermal Sensor Based On Internet Of Things 1," 2021.
- [16] D. P. Yogaswara, M. I. Sani, and M. I. Sari, "Perangkat Lunak Deteksi Kantuk Untuk Keselamatan Pengemudi Berbasis Pengolahan Citra Digital," eProceedings of Applied Science, vol. 10, no. 4, 2023.