

Sistem Monitoring Mesin Berbasis Kamera Termal Menggunakan *Internet of Things*

1st Indri Eka Savitri
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

indrisavitri@student.telkomuniversity.a
c.id

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

suhendi@telkomuniversity.ac.id

3rd Rahmat Awaludin Salam
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

awaludinsalam@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— Di era serba digital ini, semakin bertumbuhnya mesin mesin pada sektor industri untuk memproduksi suatu barang. Untuk memelihara mesin agar tetap beroperasi secara optimal, maka dibutuhkan alat yang mampu memonitor kondisi mesin untuk mencegah kerusakan pada mesin yang akan berakibat fatal. Jika manusia harus mengawasi masing-masing mesin secara langsung akan sangat berbahaya. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu alat yang dapat memonitor kondisi mesin tanpa adanya kontak langsung sehingga tidak akan membahayakan siapapun. Dan pemantauan mesin dapat berjalan secara efektif. Pada penelitian ini, menggunakan kamera termal AMG8833 untuk mendeteksi suhu suatu mesin produksi yang sedang bekerja. Dihubungkan dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 sebagai alat bantu komunikasi IoT agar dapat memonitor dari jarak jauh. Sistem ini dapat memonitor data suhu lewat aplikasi web yang dapat dilihat oleh ponsel maupun PC. Dengan memonitor temperaturnya, diharapkan dapat mencegah terjadinya kerusakan pada mesin sehingga dapat tetap beroperasi dengan aman dan terpelihara dengan baik agar dapat bekerja secara optimal. Hasil percobaan membuktikan bahwa sistem yang dibuat mampu beroperasi pada suhu $\leq 100^{\circ}\text{C}$ dengan jarak antara sensor dan objek uji tidak lebih dari 30 cm.

Kata kunci— AMG8833, IoT, kamera termal, monitoring mesin

I. PENDAHULUAN

Beberapa pabrik telah dilanda kebakaran besar yang disebabkan oleh meledaknya atau terbakarnya mesin produksi. Oleh karena itu suatu mesin produksi membutuhkan sistem monitoring untuk memantau keadaan mesin agar dapat mencegah terjadinya kerusakan. Selain itu, juga untuk mengetahui keoptimalan kerja pada mesin. Suhu yang terlalu panas beresiko menyebabkan mesin meledak dan dapat berpotensi terjadinya kebakaran besar. Kebakaran biasanya terjadi karena adanya hubungan singkat arus listrik yang dapat menyebabkan mesin menghasilkan temperatur yang sangat tinggi. Ketika mesin sudah dalam keadaan overheat tetapi masih dialiri arus listrik, dapat menimbulkan terjadinya kebakaran[1]. Overheating merupakan kondisi saat mesin berada dalam kondisi suhu yang berlebih[5]. Apabila mengawasi mesin secara langsung mengharuskan

manusia untuk mendekati mesin, akan sangat berbahaya apabila terjadi sesuatu pada mesin.

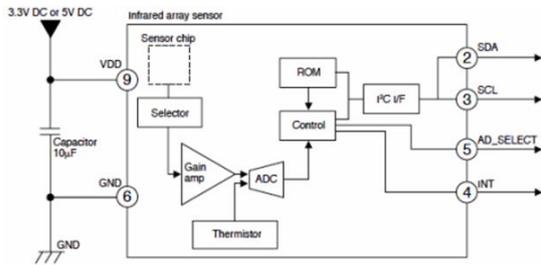
Oleh karena permasalahan tersebut, dibutuhkan sistem yang dapat memonitor mesin dengan aman dan efisien. Pada penelitian ini, sistem monitoring mesin produksi dirancang menggunakan sensor kamera termal dengan bantuan teknologi Internet of Things (IoT). Dengan menggunakan oven dan peltier sebagai objek uji model mesin. Pada aplikasi web akan ditampilkan keterangan keadaan mesin, suhu mesin, dan suhu tertinggi mesin serta letak suhu tertingginya. Ketika mesin terdeteksi overheat, akan diberi peringatan berupa buzzer yang menyala pada alat. Dengan memonitor batasan temperature normal untuk setiap mesin yang beroperasi, maka dapat diketahui keadaan mesin. Sistem dirancang menggunakan teknologi IoT, sehingga objek dapat dimonitor dari jarak jauh dan dapat diakses kapan saja sehingga pemantauan dapat dilakukan tanpa membahayakan siapapun jika terjadinya kesalahan fungsi pada mesin. Dengan adanya sistem monitoring ini, tentunya diharapkan akan dapat membantu memelihara mesin agar tetap beroperasi secara optimal dan mempertahankan agar performa mesin tidak menurun, serta pemantauan tetap dapat dilakukan secara aman dan efisien. Pada penelitian ini diharapkan dapat menemukan hasil perancangan sistem deteksi suhu mesin berbasis kamera termal dan mengetahui kondisi mesin berdasarkan hasil pengukuran suhu berbasis kamera termal.

II. KAJIAN TEORI

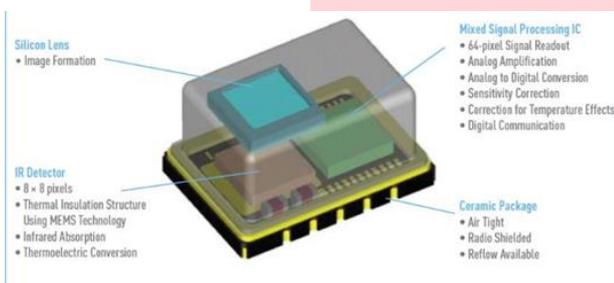
A. IR Thermal Camera AMG8833

AMG8833 merupakan salah satu jenis sensor IR Thermal Camera buatan Panasonic yang mempunyai resolusi 8x8 atau 64 piksel dengan prinsip memanfaatkan pancaran inframerah dari suatu benda. Artinya, sensor ini dapat menampilkan 64 pembacaan temperature inframerah secara non-kontak. Sensor ini mampu mendeteksi suhu sebesar $0^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$. Dengan akurasi $\pm 2,5^{\circ}\text{C}$. Sensor ini dapat beroperasi dengan tegangan 3-5 VDC. Jarak maksimum yang dapat ditempuh untuk mendeteksi manusia sejauh 7 meter. Sedangkan untuk mendeteksi objek, sejauh 5 meter. Sudut pandang dari sensor

ini 60° lebar bidang penglihatan pada sisi horizontal maupun vertical. Dengan frame rate maksimum 10 hz. Artinya, 10 frame setiap detiknya dengan melalui komunikasi I2C(Inter-Integrated Circuit). Gambar merupakan internal circuit sensor AMG8833 dan gambar visualisasi dari komponen-komponen yang menyusun sensor AMG8833.



GAMBAR 2.1
(Internal Circuit Sensor AMG8833)



GAMBAR 2.2

(Visualisasi Komponen Penyusun Sensor AMG8833)

Sensor AMG8833 menyerap energi inframerah yang dipancarkan benda untuk mengetahui suhu benda. Pada proses penyerapan energi inframerah, sensor AMG8833 menggunakan lensa silicon yang berfungsi untuk memfokuskan pancaran inframerah agar mudah diserap oleh IR detector. Detector pada sensor disusun dari sensor thermopile menggunakan teknologi MEMS (Micro Electro Mechanical System) yang disusun secara array 8x8 pixel sehingga energi inframerah yang terpancar dari benda dapat diserap lalu diubah menjadi energi listrik. Setelah menjadi energi listrik, dilakukan pengolahan sinyal. Energi listrik yang didapat dikuatkan untuk dikonversi ke dalam bentuk sinyal digital menggunakan Analog to Digital Converter (ADC). Lalu sinyal tersebut masuk ke dalam sistem control untuk kemudian dilakukan perhitungan, perbandingan, dan koreksi hingga akhirnya menghasilkan output berupa suhu. Terdapat juga thermistor sebagai pendeteksi suhu ruangan.

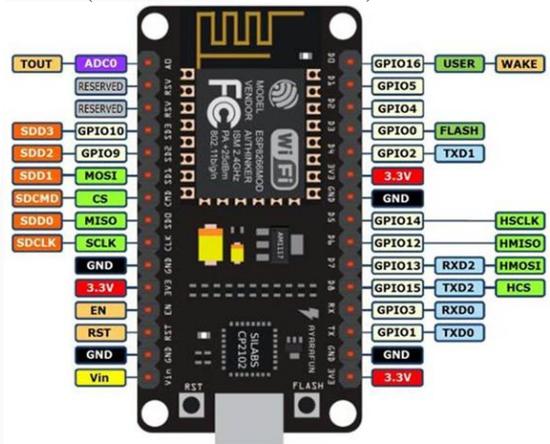
B. NodeMCU ESP8266

NodeMCU merupakan platform IoT yang bersifat open source. ESP8266 merupakan modul WiFi sebagai penghubung langsung dengan wifi dan membuat koneksi. Di dalamnya terdapat S^oC (System on Chip). Modul ini dapat bekerja sendiri tanpa adanya mikrokontroler karena sudah dilengkapi fitur seperti mikrokontroler. NodeMCU hanya dapat bekerja dengan satu buah sensor. Di dalamnya terdapat pr^oCessor, memori, dan akses ke GPIO. NodeMCU menggunakan pemrograman dasar Lua. Mikrokontroler utama pada board NodeMCU adalah ESP8266. Penggunaan pin sama seperti Arduino. NodeMCU hanya mempunyai 1 port analog. Dapat menggunakan USB sebagai konektivitas untuk mengunggah program dan perintah lainnya. NodeMCU menggunakan tegangan logika sebesar 3,3v. ESP8266

merupakan keluaran dari Espressif sebagai wifi MCU untuk aplikasi IoT. ESP8266 memiliki 32 bit dan dapat mencapai kecepatan cl^oCk maksimum 160MHz sehingga dapat mengolah data lebih cepat. Salah satu kelebihan lainnya adalah, mempunyai tiga mode operasi, yaitu mode aktif, mode tidur, dan mode tidur nyenyak sehingga pemakaian lebih hemat.

Standar Wireless	IEEE 802.11 b/g/n
Jangkauan Frekuensi	2.412 - 2.484 GHz
Kekuatan Transmisi	802.11b : +16 ± 2 dBm (at 11 Mbps) 802.11g : +14 ± 2 dBm (at 54 Mbps) 802.11n : +13 ± 2 dBm (at HT20, MCS7)
Sensitivitas Penerimaan	802.11b : -93 dBm (at 11 Mbps, CCK) 802.11g : -85 dBm (at 54 Mbps, OFDM) 802.11n : -82 dBm (at HT20, MCS7)
Kemampuan I/O	UART, I2C, PWM, GPIO, 1 ADC
Tegangan Operasi	3,3 V
Arus pin Output GPIO	15 mA
Arus Operasi	12 - 200 mA
Arus Cadangan	< 200 uA
Temperatur Operasi	-40 °C - 125 °C
Transmisi Serial	110 - 921600 bps, TCP Client 5
Tipe Jaringan Wireless	STA / AP / STA + AP
Tipe Keamanan	WEP / WPA-PSK / WPA2-PSK
Tipe Enskripsi	WEP64 / WEP128 / TKIP / AES
Upgrade Firmware	Local Serial Port, OTA Remote Upgrade
Protokol Jaringan	IPv4, TCP / UDP / FTP / HTTP

GAMBAR 2.3
(Datasheet NodeMCU ESP8266)



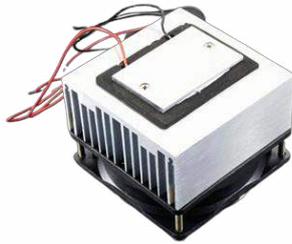
(Sumber: components101.com)

GAMBAR 2.4
(Pin NodeMCU ESP8266)

C. Peltier

Peltier adalah perangkat elektronik penghasil efek panas dan dingin yang dihasilkan dari tegangan listrik berarus DC . Pada satu sisi menghasilkan efek panas, dan pada sisi lainnya menghasilkan efek dingin. Peltier merupakan suatu komponen elektronik berbentuk lempengan yang dapat membuat efek panas maupun dingin dari tegangan arus listrik DC. Pada penelitian ini menggunakan peltier sebagai objek sumber panas. Peltier merupakan sebuah efek, bukan merupakan suatu alat. Komponen elektronika yang menghasilkan efek peltier disebut dengan Thermo Electric Cooler. Efek ini mengubah energi listrik menjadi perubahan

suhu. Cara kerjanya adalah, listrik dialirkan dari tipe semikonduktor positif menuju tipe semikonduktor negative. Melewati logam agar dapat menghantarkan listrik. Pada proses ini akan menghasilkan sisi yang terkena tegangan positif akan mengeluarkan panas. Sedangkan sisi yang terkena tegangan negatif akan menghasilkan dingin.



GAMBAR 2.5 (Peltier)

D. Internet of Things

Internet of Things merupakan suatu teknologi yang dapat menghubungkan suatu perangkat dalam kehidupan sehari-hari ke internet. Sehingga suatu perangkat dapat saling terhubung dan bertukar informasi secara wireless. Data yang dihasilkan akan disimpan pada sebuah platform IoT. Dengan teknologi ini kita dapat memonitor dan mengatur suatu benda dari jarak jauh dan bisa diakses kapan saja. Sebagai contoh sederhananya, kita dapat mematikan lampu rumah melalui ponsel pintar. Teknologi IoT sudah banyak digunakan di bidang kesehatan, industri, dan pertanian. Perangkat IoT dilengkapi oleh sensor, prosesor, aktuator, dan transceiver. Setiap perangkat harus memiliki identitas atau IP Address dan terhubung ke koneksi internet. Perangkat tersebut dipasang sensor atau alat pengontrol untuk melakukan output yang diinginkan manusia.

E. MIT App Inventor

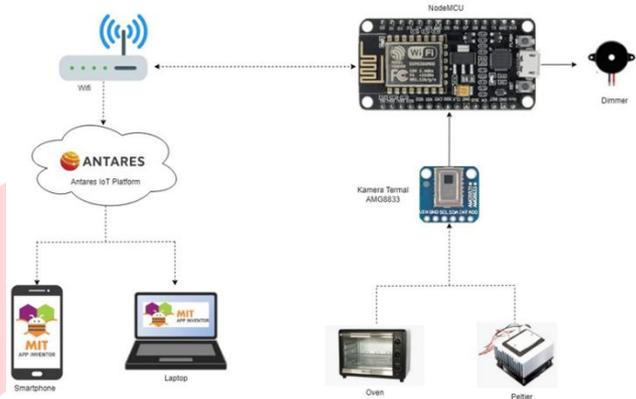
MIT App Inventor dibuat untuk IoT yang dapat memonitor suhu mesin dari jauh. Aplikasi ini menampilkan data yang tersimpan pada Antares. MIT App Inventor merupakan platform website yang dapat membuat aplikasi tanpa bahasa pemrograman. Aplikasi ini memungkinkan untuk dipakai di sistem operasi Android maupun IOS. Terdapat dua antarmuka utama pada MIT App Inventor, yaitu desain dan blok. Pada desain, merupakan antarmuka drag and drop untuk meletakkan elemen. Pada blok, terdapat blok berkode warna seperti potongan puzzle untuk membuat program[3].

III. METODE

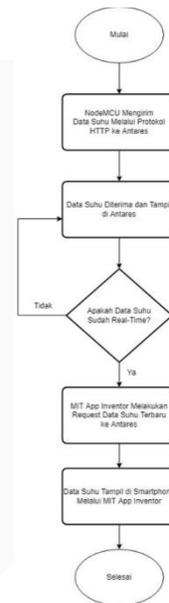
A. Perancangan Sistem

Perancangan sistem dibuat dengan menggunakan beberapa komponen elektronik sebagai perangkat keras, yaitu sensor suhu AMG8833, mikrokontroler NodeMCU ESP8266, dan buzzer. Perancangan sistem dengan komponen-komponen yang telah ditentukan ini untuk membuat sebuah sistem monitoring mesin menggunakan sensor AMG8833 sehingga dapat memantau mesin yang menghasilkan panas dan mengetahui kelebihan atau kekurangan temperatur pada mesin. Cara kerja dari sistem ini yaitu, peltier dan oven sebagai objek pada penelitian ini dipanaskan, diatur suhunya menggunakan dimmer dan thermostat. Sensor AMG8833 mendeteksi adanya radiasi panas dari objek lalu suhu dikonfirmasi. Jika suhu objek

terdeteksi berlebih, buzzer akan berbunyi sebagai notifikasi pemberitahuan bahwa objek mengalami overheating. Lalu data yang dihasilkan dari sensor suhu dikirim melalui NodeMCU ESP8266 yang sudah terpasang WiFi menuju cloud menggunakan platform IoT Antares. Data yang terkumpul pada Antares bisa diakses melalui aplikasi MIT App Inventor pada ponsel maupun pada layar monitor. Pada aplikasi MIT App Inventor, dapat diketahui suhu yang terdeteksi, keterangan objek, suhu tertinggi, dan letak suhu tertinggi objek.



GAMBAR 2.6 (Skema Sistem)



GAMBAR 2.7 (Flowchart System)

B. Desain Sistem

Peltier dipanaskan, diatur suhunya dengan mengatur arus yang masuk menggunakan dimmer, lalu sensor AMG8833 mendeteksi panas dari peltier. Data temperature yang didapatkan oleh kamera termal diproses di dalam NodeMCU ESP8266 dan data tersebut lalu diolah agar output sesuai input yang telah ditentukan. NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler utama. NodeMCU berfungsi sebagai alat komunikasi pengiriman data dan notifikasi. NodeMCU sudah terhubung dengan WiFi sehingga menjadi jembatan komunikasi menuju server. Server menerima data yang telah diolah tadi, diproses, lalu ditampilkan di Antares. Data yang terkumpul di Antares dihubungkan ke platform website yang dapat membuat aplikasi dengan menggunakan bahasa

pemrograman. Pemantauan dapat dilakukan menggunakan ponsel pintar maupun PC/laptop.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengukuran Suhu pada Oven

Pada pengukuran suhu oven, dilakukan dengan 4 variasi suhu yang berbeda. Suhu diatur dari rentang suhu minimal dan maksimal oven, yaitu dimulai dari 100°C sampai 250°C. Pengukuran dilakukan dengan jarak yang berbeda-beda, yaitu pada jarak 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm, 50 cm, 100 cm, dan 150 cm.

1. 100°C

TABEL 4.1
(Pengujian Oven Pada 100°C)

100°C				
Jarak (cm)	AMG8833 (°C)	Selisih	Error(%)	Akurasi (%)
15	100	0	0	100
20	96	4	4	96
25	94	6	6	94
30	92	8	8	92
50	82	18	18	82
100	71	29	29	71
150	56	44	44	56
Rata-rata			15.57	84.4

2. 150°C

TABEL 4.2
(Pengujian Oven Pada 150°C)

150°C				
Jarak (cm)	AMG8833 (°C)	Selisih	Error(%)	Akurasi (%)
15	120.75	29.25	19.50	80.50
20	115	35	23.33	76.67
25	110	40	26.67	73.33
30	105.75	44.25	29.5	70.5
50	95.75	54.25	36.17	63.83
100	83.5	66.5	44.33	55.67
150	61	89	59.33	40.67
Rata-rata			34.12	65.88

3. 200°C

TABEL 4.3
(Pengujian Oven Pada 200°C)

200°C				
Jarak (cm)	AMG8833 (°C)	Selisih	Error(%)	Akurasi(%)
15	364	164	82	18
20	111.75	88.25	44	56
25	107.75	92.25	46	54
30	115	85	43	58
50	101.25	98.75	49	51

4. 250°C

TABEL 4.4
(Pengujian Oven Pada 250°C)

250°C				
Jarak (cm)	AMG8833 (°C)	Selisih	Error(%)	Akurasi (%)
15	390.75	140.75	56.3	43.7
20	105	145	58	42
25	103	147	58.8	41.2
30	364	114	45.6	54.4
50	114	136	54.4	45.6
100	98.25	151.75	60.7	39.3
150	72.75	177.25	70.9	29.1
Rata-rata			57.81	42.2

B. Hasil Pengukuran Suhu pada Peltier

Pada pengujian peltier, diatur suhu dengan rentang 75°C-100°C. Suhu maksimal yang bisa dihasilkan peltier hanya sampai ±105°C. Pengukuran dilakukan dengan variasi jarak 15 cm, 30 cm, 50 cm, 100 cm, dan 150 cm.

5. 75°C

TABEL 4.5
(Hasil Pengukuran Peltier Pada 75°C)

75°C				
Jarak (cm)	AMG8833 (°C)	Selisih	Error(%)	Akurasi(%)
15	57,5	17,5	23,33	76,67
30	41	34	45,33	54,67
50	32	43	57,33	42,67
100	28	47	62,67	37,33
150	27	48	64	36
Rata-rata			50,53	49,47

6. 85°C

TABEL 4.6
(Hasil Pengukuran Peltier pada 85°C)

85°C				
Jarak (cm)	AMG8833 (°C)	Selisih	Error(%)	Akurasi(%)
15	65	20	23,53	76,47
30	44,25	40,75	47,94	52,06
50	33,5	51,5	60,59	39,41
100	28,5	56,5	66,47	33,53
150	27,75	57,25	67,35	32,65
Rata-rata			53,18	46,82

7. 95°C

TABEL 4.7
(Hasil Pengukuran Peltier pada 95°C)

95°C				
Jarak (cm)	AMG8833 (°C)	Selisih	Error(%)	Akurasi(%)
15	74	21	22,11	77,89
30	47	48	50,53	49,47
50	36,5	58,5	61,58	38,42
100	29,5	65,5	68,95	31,05
150	27,25	67,75	71,32	28,68
Rata-rata			54,89	45,11

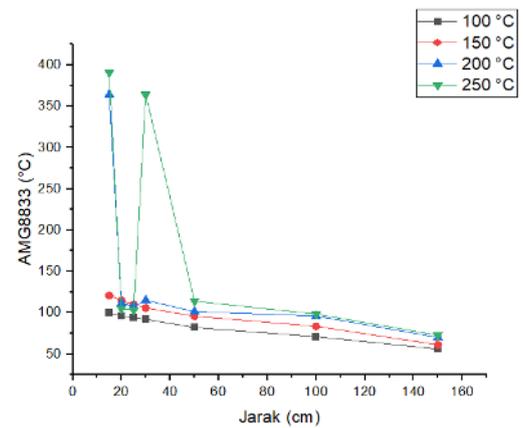
8. 100°C

TABEL 4.8
(Hasil Pengukuran Peltier pada 100°C)

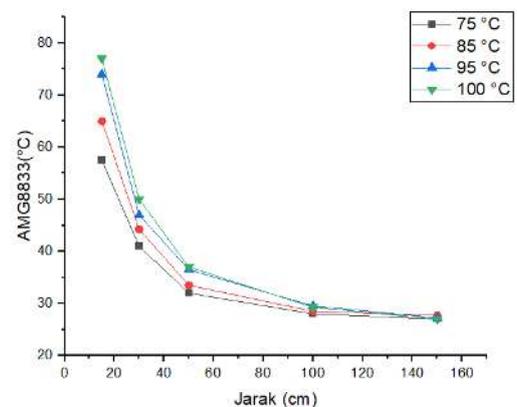
100°C				
Jarak (cm)	AMG8833 (°C)	Selisih	Error(%)	Akurasi(%)
15	77	23	23,00	77,00
30	50	50	50,00	50,00
50	37	63	63,00	37,00
100	29,25	70,75	70,75	29,25
150	27	73	73,00	27,00
Rata-rata			55,95	44,05

C. Analisis Hasil Keseluruhan

Berdasarkan pengukuran pada oven yang telah dilakukan dengan variasi suhu 100-250 °C, dengan variasi jarak 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm, 50 cm, 100 cm, dan 150 cm dapat disimpulkan bahwa sensor AMG8833 dapat mendeteksi suhu oven dengan optimal pada suhu ≤100°C karena memiliki nilai rata-rata error paling kecil yaitu 15,57% dan nilai rata-rata akurasi paling tinggi sebesar 84,4%. Selain itu, pada saat pengukuran di atas 100 °C, nilai error yang dihasilkan semakin tinggi dan suhu yang terdeteksi semakin jauh dari suhu acuan oven. Meninjau dari nilai error dan nilai akurasi, pada percobaan ini sensor paling optimal mendeteksi suhu pada jarak 30 cm dibuktikan dengan nilai rata-rata error paling rendah sebesar 31,53% dan dengan nilai rata-rata akurasi paling tinggi sebesar 68,73%. Nilai akurasi dan error didapatkan dari perhitungan sebelumnya yang sudah dilakukan pada tabel 4.1-4.4. Pada Gambar 4.1 menunjukkan grafik hasil pengujian oven. Sedangkan untuk peltier, dengan variasi suhu 75-100°C pada variasi jarak 15 cm, 30 cm, 50 cm, 100 cm, dan 150 cm dapat disimpulkan bahwa sensor mampu mendeteksi suhu peltier secara optimal pada jarak paling optimal ada pada 15 cm karena mempunyai nilai rata-rata error yang paling rendah, yaitu 23% dengan nilai akurasi paling tinggi, 77%. Dari perhitungan ini, pembacaan suhu peltier dengan jarak 15-150 cm, error yang dihasilkan masih terbilang tinggi dan nilai akurasi masih rendah. Sistem akan dapat mendeteksi suhu lebih optimal pada jarak kurang dari 15 cm. Hal ini karena peltier mempunyai luas permukaan yang kecil. Grafik 4.2 di bawah ini merupakan grafik pengujian peltier. Dapat diambil kesimpulan bahwa semakin bertambahnya jarak, maka suhu yang didapatkan semakin kecil, begitu pula sebaliknya.



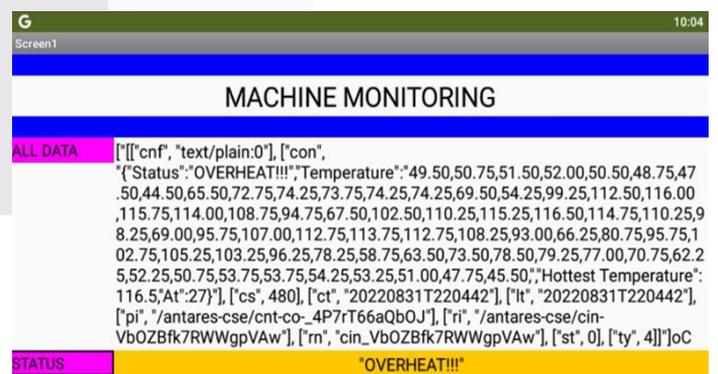
GAMBAR 4.1
(Grafik Hasil Pengukuran Oven)



GAMBAR 4.2
(Grafik Hasil Pengukuran Peltier)

D. Tampilan pada Aplikasi

Untuk menampilkan keterangan mesin, diatur suhu objek dengan jika di bawah 90 °C maka status mesin “underheat”, di antara 90-115°C suhu termasuk “normal”, dan di atas 115°C suhu dikatakan “overheat”. Gambar 4.3 merupakan contoh tampilan underheat, normal, dan overheat pada oven pada jarak 30 cm.

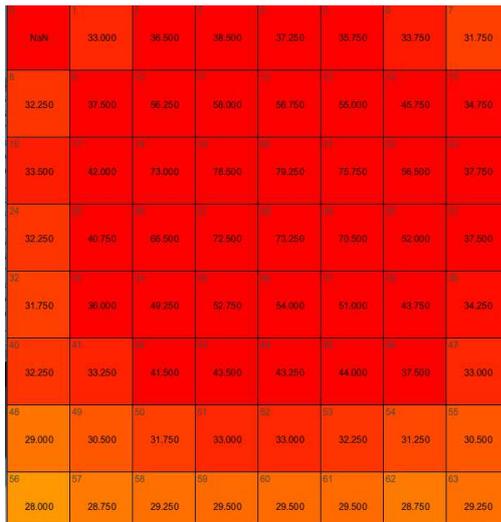


GAMBAR 4.3
(Tampilan Aplikasi)

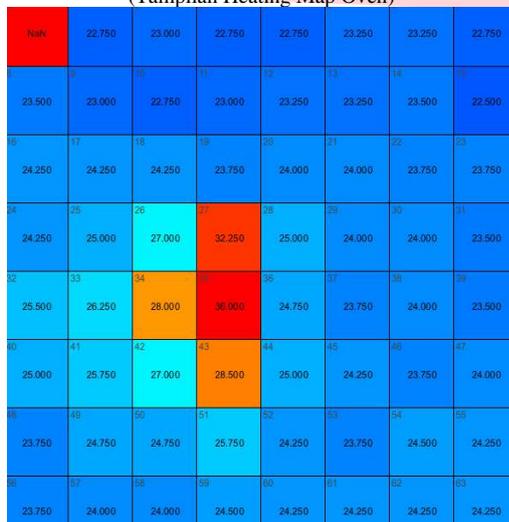
E. Tampilan Heating Map

Visualisasi hasil kamera termal ditunjukkan pada heating map pada aplikasi Processing. Gambar 4.4 merupakan tampilan heating map oven pada saat 150 derajat Celsius dengan jarak 50 cm. Gambar 4.5 merupakan tampilan

heating map peltier pada suhu 100 derajat Celsius dengan jarak 50 cm.



GAMBAR 4.4
(Tampilan Heating Map Oven)



GAMBAR 4.5
(Tampilan Heating Map Peltier)

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Sistem yang telah dibuat dapat beroperasi pada temperatur ≤ 100 °C
- Sistem dapat beroperasi optimal pada jarak ≤ 30 cm untuk kasus oven
- Sistem dapat beroperasi optimal pada jarak ≤ 15 cm untuk kasus peltier
- Temperatur mesin dapat ditampilkan pada aplikasi MIT App Inventor
- Kondisi mesin dapat ditentukan dengan cara mengambil batasan suhu tertentu berdasarkan hasil keoptimalan sensor
- Semakin jauh jarak antara objek dan alat, semakin kecil suhu yang dihasilkan sensor, semakin tinggi nilai rata-rata selisih, dan semakin rendah nilai akurasi, begitu pula sebaliknya.

REFERENSI

- Triasto, Andhoko Gandung Hawali, and Muhammad Rivai. "Sistem Keamanan Peralatan Berbasis Kamera Termal." *Jurnal Teknik ITS* 8.2 (2020): A115A120.
- Nasir, Muhamad. "Monitoring Of Body Temperature Non Contact Using AMG8833 Thermal Camera And Face Detection." *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)*. Vol. 6. No. 1. 2020.
- KONG, Siu-Cheung; ABELSON, Harold. *Computational thinking education*. Springer Nature, 2019
- Muhammad Andhika Putra. "Studi Pengaruh Parameter Objek Pengukuran Pada Sistem Deteksi Suhu Berbasis Thermal Camera." *Tugas Akhir* (2021)
- Setyawan, F. X., and Syaiful Alam. "Rancang Bangun Sistem Proteksi Overheating Mesin dan Pemantau Tegangan Aki pada Mobil." *ELECTRICIAN–Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro* 16.2 (2022): 232-237.
- Mardiani, Gentisya Tri. "Sistem Monitoring Data Aset dan Inventaris PT Telkom Cianjur Berbasis Web." *Komputa: Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika* 2.1 (2013).
- Haryanto, Heri, and Endi Permata. "Sistem Monitoring Proses Produksi pada Mesin Bardi di PT. Tirta Investama (Danone Aqua) Sukabumi Berbasis Web." *Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasikomputer* 3.1 (2016): 26-34.
- Chastity, A., & Rivai, M. (2020). Implementasi Kamera Termal pada Pemadam Api Otomatis. *Jurnal Teknik ITS*, 9(1), A138-A143.
- Jati, Imam Sasongko, and Muhammad Rivai. "Implementasi Thermal Camera pada Pengaturan Pendingin Ruangan." *Jurnal Teknik ITS* 8.2 (2020): A66A71.
- Hidayat, M. Reza, Christiono Christiono, and Budi Septiana Sapudin. "Perancangan Sistem Keamanan Rumah Berbasis Iot Dengan Nodemcu Esp8266 Menggunakan Sensor Pir Hc-Sr501 Dan Sensor Smoke Detector." *KILAT* 7.2 (2018): 139-148.
- Yamanoor, Narasimha Sai, Srihari Yamanoor, and Kriti Srivastava. "Low Cost Design of Non-Contact Thermometry for Diagnosis and Monitoring." *2020 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*. IEEE, 2020.

- [12] Alamsyah, A. Amir, and Muhammad Nur Faisal. "Perancangan Dan Penerapan Sistem Kontrol Peralatan Elektronik Jarak Jauh Berbasis Web." *Jurnal Mekanikal* 6.2 (2015): 577-584.
- [13] Rusdi, Muhammad, and Fitria Nova Hulu. "Body Temperature Monitoring System For Covid-19 Prevention Using Amg8833 Thermal Sensor Based On Internet Of Things." *Jurnal Mantik* 5.2 (2021): 1366-1360.
- [14] Amri, Syaiful, et al. "Penggunaan Sensor AMG8833 Pada Robot Penjaga Pintu Masuk Gedung Elektro Untuk Penerapan Protokol Kesehatan Covid- 19." *INOVTEK Polbeng-Seri Informatika* 6.2 (2021): 329-338.
- [15] Hidayat, Rahmat, and Lela Nurpulela. "Implementasi Sensor Inframerah Sebagai Switch Pada Sensor AMG8833 Dan Pompa Air di Smart Security Covid-19." *Jurnal Teknik* 13.2 (2021): 57-66.
- [16] SparkFun Electronics. (n.d.). Retrieved September 1, 2022, from https://cdn.sparkfun.com/assets/4/1/c/0/1/Grid-EYE_Datasheet.pdf
- [17] Ardutech. (2022, August 31). Apa Itu Nodemcu v3 & fungsinya Dalam IOT (internet of things). ARDUTECH. Retrieved August 31, 2022, from <https://www.ardutech.com/apa-itu-nodemcu-v3-fungsinya-dalam-iot-internet-of-things/>
- [18] Indobot Academy, & Update, I. (2022, February 20). Datasheet nodemcu Esp8266 Lengkap Dengan Pin Dan Cara Akses. Indobot Academy. Retrieved August 31, 2022, from <https://indobot.co.id/blog/datasheet-nodemcu-esp8266-lengkap-dengan-pin-dan-cara-akses/>
- [19] Nurul Hidayati Lusita Dewi, Nurul Hidayati Lusita Dewi. Prototype smart home dengan modul nodemcu esp8266 berbasis internet of things (iot). Diss. UNIVERSITAS ISLAM MAJAPAHIT MOJOKERTO, 2019.
- [20] Purnama, Sevia Indah, et al. "Optimasi pembacaan suhu kamera termal menggunakan regresi linier." *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan* 15.1 (2021): 127-136.
- [21] Dharmawan, Hari Arief. *Mikrokontroler: konsep dasar dan praktis*. Universitas Brawijaya Press, 2017.
- [22] Cara Kerja Wi-Fi Kelebihan Dan Kekurangan Modul WiFi ESP 8266. (n.d.). Beranda. <https://text-id.123dok.com/document/4yr03wv7y-cara-kerja-wi-fi-kelebihan-dan-kekurangan-modul-wifi-esp-8266.html>
- [23] Wibowo, Ariefcha Anugrah. Sistem Kendali dan Monitoring Peralatan Elektronik Berbasis NodeMCU ESP8266 dan Aplikasi blynk. Diss. STMIK AKAKOM YOGYAKARTA, 2018.