JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa), Vol. 6, No. 2, Desember 2021, Hal. 263-272
Terakreditasi "**Peringkat 3**" oleh Kemenristek/BRIN, Nomor SK: 85/M/KPT/2020
DOI: 10.31544/jtera.v6.i2.2021.263-272
p-ISSN 2548-737X
e-ISSN 2548-8678

Auto Adjustment Pengukuran Temperatur Tubuh Tanpa Sentuh Berbasis Sensor Deret *Thermopile Infrared*

Nuryanti, Susetyo Bagas Bhaskoro, Dewi Nur Fauzia
Politeknik Manufaktur Bandung
Jalan Kanayakan 21 Bandung, Indonesia
nuryanti@polman-bandung.ac.id

Abstrak

Pengukuran temperatur tubuh saat akan memasuki ruangan atau pada tempat publik pada saat pandemi ini sangat diperlukan. Pengukuran temparatur tubuh pada tempat-tempat publik yang cukup sibuk tentu saja membutuhkan kecepatan dan ketepatan, sehingga pengukuran temperatur tanpa sentuh menjadi pilihan utama. Selain itu data temperatur yang diperoleh dapat langsung diolah sehingga dapat untuk mendeteksi dini jika didapatkan temperatur di atas suhu normal. Namun, kamera infra merah yang digunakan untuk mengambil citra manusia berdasarkan temperatur yang banyak beredar di pasaran memiliki harga yang masih tinggi. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dikembangkan sistem pengukuran temperatur tanpa sentuh dengan menggunakan rangkain sensor *thermopile* yang harganya lebih ekonomis. Sistem ini bekerja dengan mentransformasikan temperatur yang berupa data tegangan ke dalam citra topografi temperatur 8x8 pixel dan sebuah motor *stepper* yang dapat mengarahkan sensor ke objek manusia. Penelitian ini menggunakan metode *auto adjustment* dimana didasarkan pada kalibrasi dengan alat ukur dengan akurasi lebih baik kemudian dicari faktor koreksi pada setiap jangkauan jarak tertentu. Dengan membuat program pada Arduino berdasarkan faktor koreksi, maka diperoleh akurasi untuk jarak terdekat yaitu 50 cm sebesar 99,19% dengan bias -0,99°C, sedangkan pada jarak 150 cm diperoleh akurasi sebesar 95,52% dengan bias sebesar 0,98°C atau diperoleh rata-rata presisi sebesar 98,62%.

Kata kunci: *thermopile infrared array sensor*, citra topografi temperatur, *auto adjustment*, persamaan faktor koreksi

Abstract

Measurement of body temperature when entering a room or in a public place during this pandemic is very necessary. Measurement of body temperature in public places that are quite busy, of course, requires speed and accuracy, so that temperature measurement without touch is the main choice. In addition, the temperature data obtained can be directly processed so that it can be detected early if the temperature is above the normal temperature. However, infrared cameras that are used to take human images based on temperature that are widely circulated in the market have a high price. Therefore, in this research, a touchless temperature measurement system was developed using a thermopile sensor circuit which is more economical in price. This system works by transforming temperature in the form of voltage data into an 8x8 pixel temperature topographic image and a stepper motor that can direct the sensor to human objects. This study uses the auto adjustment method which is based on calibration with a measuring instrument with better accuracy then a correction factor is sought for each certain distance range. By programming the Arduino based on the correction factor, the accuracy for the closest distance is 99.19% 50 cm with a bias of -0.99°C, while at a distance of 150 cm an accuracy of 95.52% is obtained with a bias of 0.98°C or obtained an average precision of 98.62%.

Keywords: *thermopile infrared array sensor, topografi temperature image, auto adjustment, equation correction factor*

I. PENDAHULUAN

Temperatur tubuh sebagai salah satu indikator yang digunakan untuk mendeteksi gejala suatu penyakit tertentu merupakan hal yang telah diketahui sejak lama [1]. Deteksi temperatur tubuh ini menjadi hal yang sangat penting apalagi ketika terjadi suatu pandemi penyebaran penyakit tertentu.

Diterima: 24 Oktober 2021; Direvisi: 30 November 2021; Disetujui: 6 Desember 2021
JTERA, Vol. 6, No. 2, Desember 2021

© 2021 JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa), Politeknik Sukabumi

Hal ini menjadi suatu prosedur yang wajib dilakukan di tempat-tempat publik, khususnya seperti di bandara yang menjadi pintu masuk ke suatu wilayah tertentu. Pengontrolan perlu dilakukan dari berbagai arah untuk memastikan tidak ada yang luput dari proses deteksi. Pengukuran temperatur tubuh biasanya dilakukan secara konvensional menggunakan *thermometer*. Namun, penggunaan alat ukur ini membutuhkan kontak langsung dengan tubuh. Padahal pada penyakit yang sangat menular seperti Covid-19 penggunaan alat yang menyentuh bagian tubuh dapat menjadi media transmisi virus [2]. Oleh karena itu, penggunaan alat pengukur temperatur tubuh tanpa sentuh menjadi sebuah alternatif agar tidak terjadi penularan Covid-19. Alat ukur temperatur tanpa sentuh dengan menggunakan infra merah sendiri berdasarkan daerah pengukurannya terbagi menjadi dua jenis yaitu yang berbasiskan pengukuran lewat telinga dan pada bagian wajah [3], [4]. Namun, pengertian pengukuran temperatur tanpa sentuh lewat telinga adalah hanya sensor yang tidak bersentuhan langsung dengan tubuh tetapi alat ukurnya masih harus ditempelkan di telinga [5]. Sedangkan alat ukur temperatur tanpa sentuh infra merah pada dahi yang berjenis *thermogun*, pengukuran masih sangat dekat (kurang dari 10 cm) sehingga masih menggunakan tenaga operator untuk mengukur orang yang masuk.

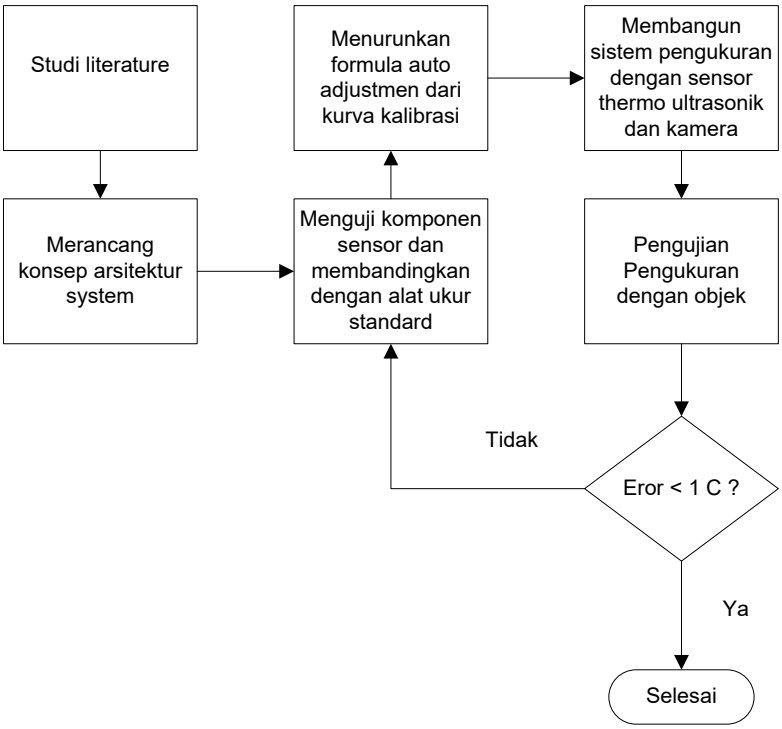
Salah satu alat yang cocok digunakan untuk melakukan pengukuran temperatur tubuh tanpa sentuh secara cepat dan efisien adalah kamera *thermal infrared* [5]-[7]. Namun kamera *thermal infrared* penggunaannya masih sangat luas dan adanya kesulitan untuk memadukan pengukuran dengan identitas personil jika diketahui ada yang terindikasi memiliki temperatur di atas 37,5°C. Dengan demikian, pengukuran kamera *thermal* yang berbasiskan pada deret sensor *thermopile* menjadi sebuah solusi untuk pencegahan penyebaran Covid-19 dikarenakan dapat dengan cepat, efisisen, dan lebih personil karena mengukur orang satu persatu [8], [9].

Pengukuran temperatur tubuh melalui wajah pada dasarnya adalah pengukuran temperatur lewat kulit dimana yang terukur adalah daya radiasi gelombang inframerah yang dipancarkan oleh tubuh. Berdasarkan hukum Stefan Boltzmann dimana daya radiasi, $W = \varepsilon\sigma T^4$ yang diberikan setara dengan ε (emisivitas) yang memiliki nilai antara 0 dan 1, σ (konstanta Boltzman) yang memiliki nilai 5,67 x 10^{-8} W/m^{2}K^4, dan T (temperatur mutlak) dalam satuan Kelvin [10]. Namun pengukuran temperatur berdasarkan radiasi gelombang inframerah ini memiliki kerumitan tersendiri karena meliputi ketidakpastian baik pada objek ukur (*measurand),* alat ukur *thermometer infrared*, dan juga operator [11]. Pada objek ukur dimana parameternya adalah emisivitas benda yang berkorelasi dengan panjang gelombang, dimana pada *thermometer* infra merah jenis tertentu hanya sensitif pada panjang gelombang tertentu yaitu λ = 3 - 5μm (*range medium infrared*) atau λ = 6 -14 μm (*range* jauh). Namun dalam penelitian ini, digunakan AMG88 [12] yang sensitif pada hampir semua *range* gelombang *infrared* dan dilengkapi dengan lensa filter yang dapat mengurangi pengaruh lingkungan. Selain itu, dengan melakukan pembatasan masalah dimana pengukuran dilakukan pada temperatur ruang dan kelembaban kurang lebih 85% juga digunakan untuk mengurangi pengaruh lingkungan yang tidak sesuai. Sedangkan permasalahan pada operator yang berkaitan dengan *setting* meliputi pengambilan data yang bergantung pada jarak dan sudut [11].

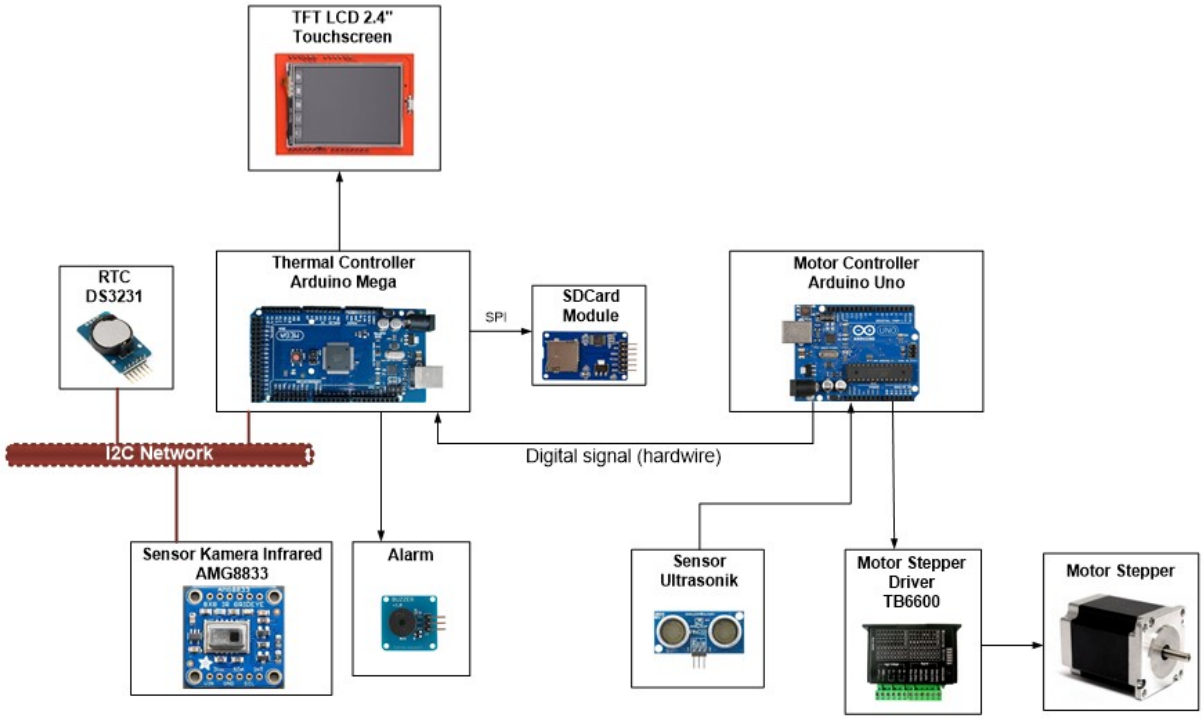
Oleh karena itu, dalam penelitian ini dikembangkan sistem pengukuran temperatur tubuh otomatis yang dapat mengikuti *setting* agar hasil pengukuran seakurat mungkin. Sensor AMG88 ditempatkan pada suatu dudukan yang dapat bergerak menyesuaikan sudut pengambilan data dan sistem *auto adjusment* diimplmentasikan pada program sehingga dapat menyesuaikan pengukuran berdasarkan jarak. Untuk *auto adjustment* maupun *auto calibration* telah dikembangkan dengan menggunakan pemrograman rangkaian analog yang mudah disusun dan menjadi antar muka dari berbagai jenis sensor [13], namun belum melakukan *auto adjustment* berdasarkan sudut. Sedangkan pada penelitian ini pengembangan *auto adjusment* jarak menggunakan sensor ultasonik dan pada objek yang tidak dalam sudut yang sesuai digunakan motor *stepper* yang mengarahkan sensor tegak lurus pada objek.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Kegiatan pertama yaitu studi literatur, kemudian merancang konsep arsitektur sistem dimana ditetapkan komponen-komponen apa saja yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Kemudian tahap selanjutnya adalah menguji komponen sensor *thermopile* dengan menggunakan perangkat yang dapat divariasikan temperaturnya. Kemudian setiap kenaikan temperaturnya diukur baik dengan alat ukur standar yaitu berupa *thermogun* yang sudah ada di pasaran dan pembacaan sensor. Kemudian akan dibandingkan kurva pengukuran dari alat ukur standar dan sensor. Pengambilan data dilakukan setiap jarak dan berdasarkan kurva perbandingan



Gambar 1. Metode penelitian pengukuran temperatur badan tanpa sentuh



Gambar 2. Arsitektur umum perangkat keras

antara pengukuran alat ukur standar dan sensor akan diturunkan formula faktor koreksinya. Setelah itu, dilakukan tahapan membuat sistem dengan mengintegrasikan semua komponen. Sistem yang sudah terintegrasi tersebut diuji cobakan untuk mengukur objek berupa orang yang diukur pada berbagai jarak. Hasil pengukuran oleh sensor kembali dibandingkan dengan alat ukur standar. Jika *error*-nya kurang dari 1°C maka system dinyatakan baik dan berhasil. Namun jika error masih di atas 1°C maka akan dilakukan kalibrasi ulang.

Untuk pengukuran temperatur tubuh tanpa sentuh dimana pengukuran dengan mendeteksi

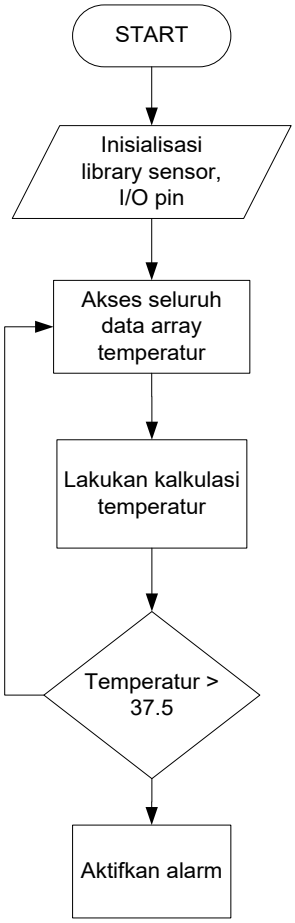
wajah terdapat beberapa metode antara lain (a) *image projection method*, (b) *Haar cascade* [14], dan (c) *machine learning base* [15], [16] . *Haar cascade* adalah suatu algoritma yang dapat digunakan untuk mendeteksi wajah secara cepat dan *realtime* [17]. Penelitian ini menggunakan *Haar cascade* dimana dengan membuat kotak pada pengolahan citra *red-green-blue* (RGB) untuk pengkategorian bentuk wajah dan penentuan pengukuran temperatur pada daerah yang terpanas pada wajah.

A. Sistem Perangkat Keras

Sistem terdiri dari dua bagian utama seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, yaitu sistem pengukuran temperatur tubuh menggunakan sensor *thermal infrared* dan sistem penggerak motor untuk mengubah arah sensor. Ketika ada orang yang terdeteksi memiliki suhu tubuh di atas normal, maka akan dibunyikan alarm. Pengontrol yang digunakan pada sistem ini terdiri dari dua buah. Arduino Mega digunakan sebagai *thermal controller*, yaitu pengontrol untuk sistem pengolahan data temperatur. Data dari sensor termal diolah dan ditampilkan pada layar LCD TFT dan juga disimpan pada SD *Card*. Sedangkan Arduino Uno digunakan sebagai *motor controller* yaitu pengontrol untuk pergerakan motor *stepper*. Pergerakan sudut motor *stepper* ditentukan oleh bacaan sensor ultrasonik yang mengindikasikan kondisi pintu. Motor *stepper* akan digerakkan sehingga mengarah pada pintu yang terbuka. Untuk menginformasikan bahwa motor *stepper* sudah sampai pada posisi yang diinginkan (di hadapan pintu yang terbuka), akan dikirimkan sinyal digital ke *thermal controller* sehingga pengukuran temperatur sudah bisa dilakukan.

B. Perancangan Perangkat Lunak

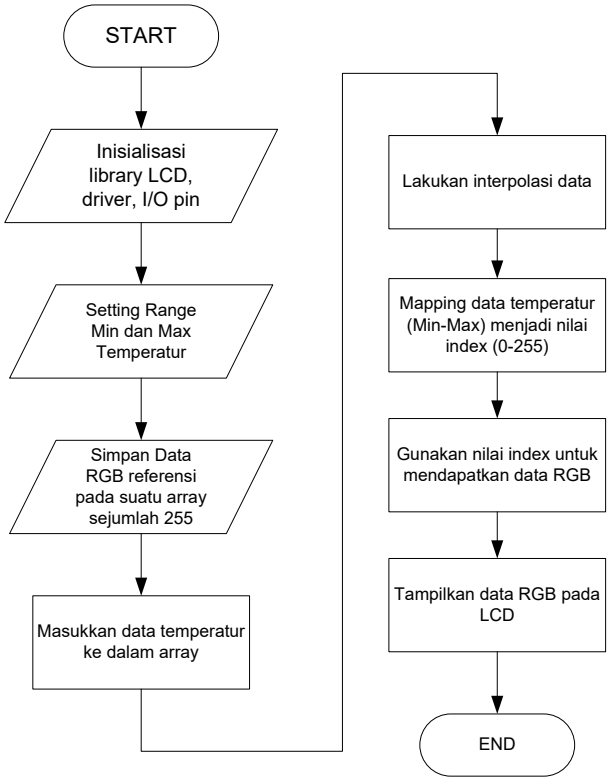
Gambar 3 memperlihatkan diagram alir pembacaan temperatur tubuh, dimana dimulai dengan inisialisasi dari *library* sensor *thermal* dan komunikasi I2C. Selanjutnya adalah mengakses seluruh data *array* temperatur, sehingga data akan tersimpan pada *array pixels* yaitu sejumlah 64 data temperatur dalam satuan Celsius. Setelah mendapatkan nilai seluruh *array*, maka sudah bisa dilakukan kalkulasi temperatur dari objek yang diukur. Jika nilai maksimum temperatur melebihi dari temperatur normal, maka dibunyikan alarm.



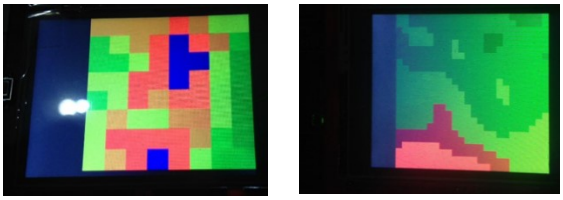
Gambar 3. Diagram alir program pembacaan temperature tubuh tanpa sentuh

Data temperatur yang ingin ditampilkan ke LCD adalah berupa termografi yang dapat menggambarkan distribusi temperatur pada objek yang diukur .Untuk itu, perlu dilakukan konversi dari data *array* menjadi data RGB pada LCD. Gambar 4 merupakan *flowchart* dari program LCD. Kemudian definisikan juga I/O pin yang akan digunakan untuk LCD dan parameter temperatur minimum dan maksimum. Data RGB perlu disimpan di dalam sebuah *array* camColors sebagai referensi untuk menampilkan temperatur menjadi warna. Data ini merupakan data RGB untuk rentang warna biru hingga merah.

Kemudian untuk menghasilkan data yang lebih baik, dilakukan interpolasi data dari 8x8 menjadi 24x24 pixels. Hasil dari proses interpolasi ini adalah sebual nilai (dalam rentang 0-255) yang disimpan dalam suatu variable ‘val’. Lalu hasil nilai ini dimapping menjadi nilai RGB yang langsung ditampilkan pada LCD. Gambar 5 merupakan perbedaan tampilan LCD sebelum dan setelah dilakukan interpolasi.

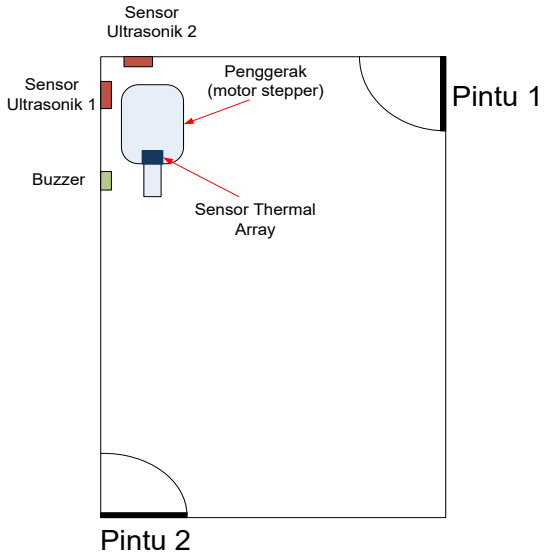


Gambar 4. Diagram alir pembacaan temperatur pada LCD



Gambar 5. Perbedaan tampilan LCD sebelum dan setelah interpolasi

Gambar 6 merupakan denah ruangan pengujian pengukuran temperatur tubuh tanpa sentuh, sedangkan proses pergerakan kamera seperti yang ditunjukkan oleh diagram alir pada Gambar 7. Motor *stepper* digerakkan pada sudut tertentu berdasarkan *input* dari sensor ultrasonik. Sensor ultrasonik ini memberikan informasi kondisi pintu apakah sedang dalam keadaan tertutup atau terbuka. Program dimulai dengan inisialisasi *library*, I/O pin, dan variabel. Selanjutnya adalah mengambil data jarak dari sensor ke pintu untuk mengetahui apakah pintu sedang dalam keadaan terbuka atau tertutup. Sensor ultrasonik ditempatkan tegak lurus dengan posisi pintu. Untuk sensor ultrasonik, di awal perlu pengontrol dikirimkan sinyal *trigger* selama 10 mikrodetik lalu kemudian *echo* sinyalnya ditangkap kembali oleh pengontrol. Waktu antara



Gambar 6. Denah ruangan pengujian pengukuran temperature tubuh tanpa sentuh

pengiriman sinyal *trigger* dan penerimaan sinyal *echo* ini yang digunakan untuk mengetahui jarak dari sensor ke pintu.

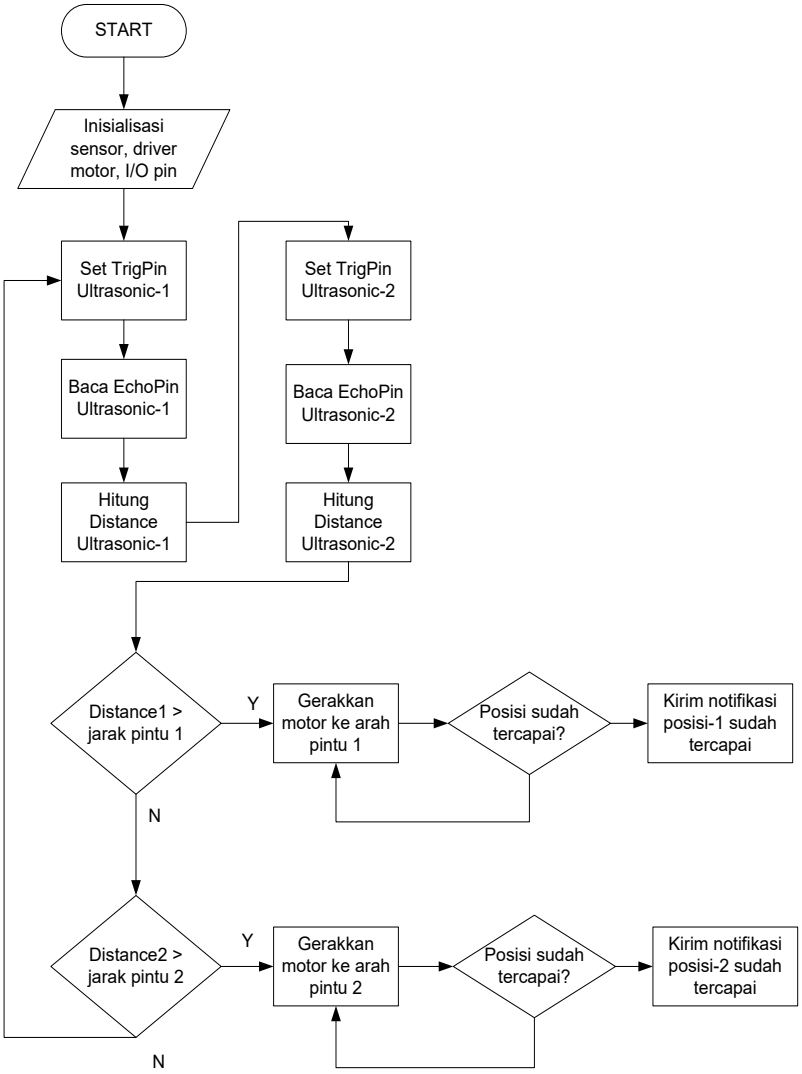
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Pengukuran Temperatur

Alat ukur referensi yang digunakan untuk kalibrasi adalah Xiaomi Mijia Thermometer dengan spesifikasi:

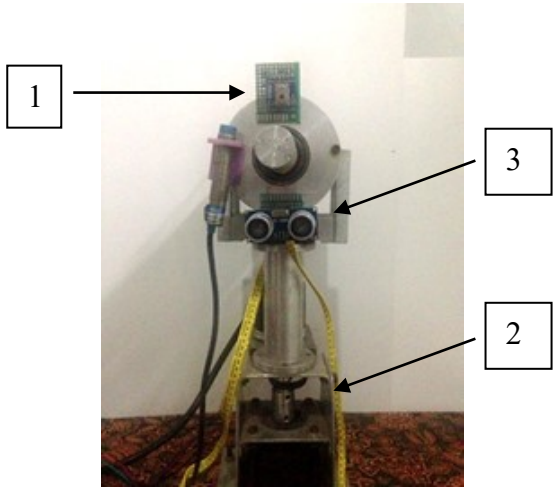
a. *Range* pengukuran: 32°C - 42,9°C
b. Akurasi pengukuran: 35°C-42°C dengan *range*: ± 0,2°C
c. Resolusi: 0,1°C
d. *Clinical reproducibility*: ± 0,3°C
e. *Operating environment range*:16°C-35°C
f. ≤ 85% RH
g. 70kPa - 106kPa

Pada pengujian sensor *infrared thermopile* dengan melakukan pengambilan data temperatur seperti pada Gambar 8 dengan pengolah citra pada Gambar 9, dimana sensor diletakkan pada dudukan yang dapat berputar karena dilengkapi oleh motor *stepper*. Untuk dapat mengukur ke arah lain, *thermopile sensor* diletakkan pada dudukan yang dapat bergerak secara otomatis berdasarkan informasi jarak yang diperoleh oleh ultrasonik untuk gerakan ke depan dan ke samping (90^o). Dari sensor ultrasonik ini juga yang dapat memungkinkan *auto adjustment* untuk jarak yang berbeda. Kemudian citra topografi temperatur dimunculkan pada LCD seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.

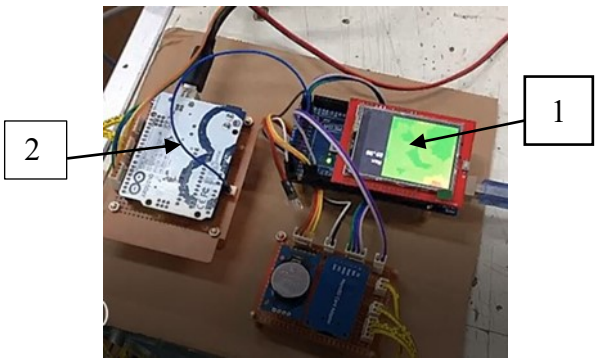


Gambar 7. Diagram alir pengaturan motor *stepper*

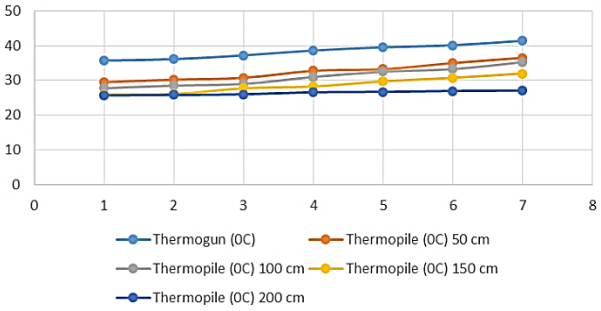
Pada pengujian tahap awal dilakukan kalibrasi sensor dengan alat ukur referensi Xiaomi Mijia *Thermometer*. Kalibrasi dilakukan dengan mengukur benda yang dapat diatur variasi temperaturnya. Agar temperatur dapat terbaca oleh *thermogun* maka rentang temperatur diatur antara 35°C hingga 41°C. Disini tidak seperti yang direkomendasikan yaitu sampai 42°C karena keterbatasan *thermogun* yang digunakan sebagai referensi hanya mampu membaca sampai sekitar 41°C. Tapi kemampuan *thermopile* sensor sebetulnya dapat membaca di range 0°C – 80°C. Pada pengujian awal pembacaan temperatur seperti ditunjukkan pada Gambar masih perlu dilakukan penyetelan karena selisihnya cukup jauh dengan *thermogun*. Dimana terlihat pada jarak 50 cm memiliki rata-rata *error* 15,22°C, sedangkan jarak 100 cm 19,2% , jarak 150 cm 25,4% dan jarak 200 cm 30,6%. Terlihat pada pengukuran yang semakin jauh maka *error*-nya juga semakin besar.



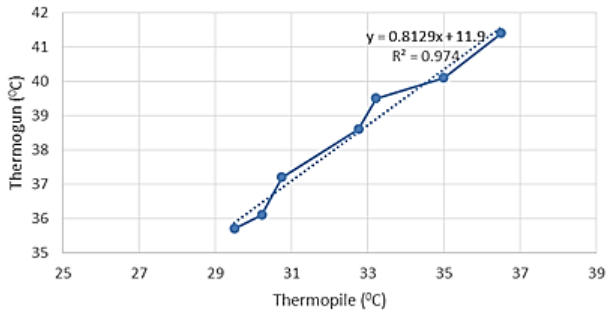
Gambar 8. Pengukur temperatur tubuh: (1) sensor *thermopile*, (2) motor *stepper*, (3) sensor ultrasonik



Gambar 9. Rangkaian pengolah citra temperatur objek, (1) LCD 2.4", (2) Arduino

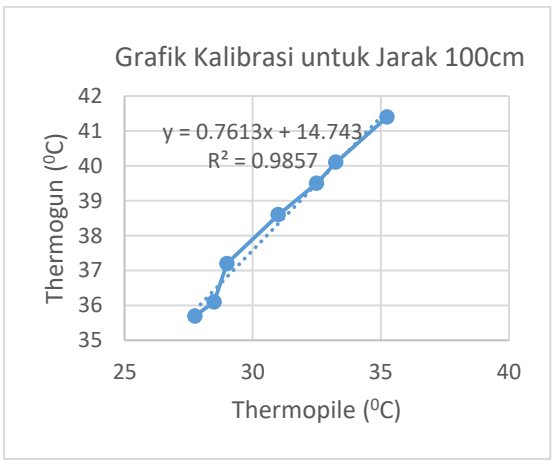


Gambar 10. Pengukuran temperatur pada berbagai jarak sebelum kalibrasi (sumbu x: pengukuran ke-, sumbu y: temperatur)

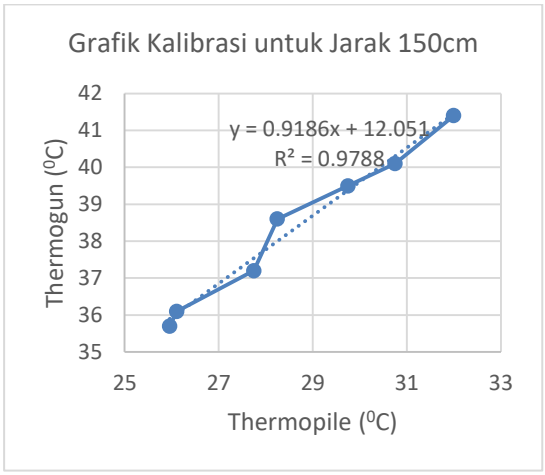


Gambar 11. Grafik kalibrasi untuk jarak 50 cm

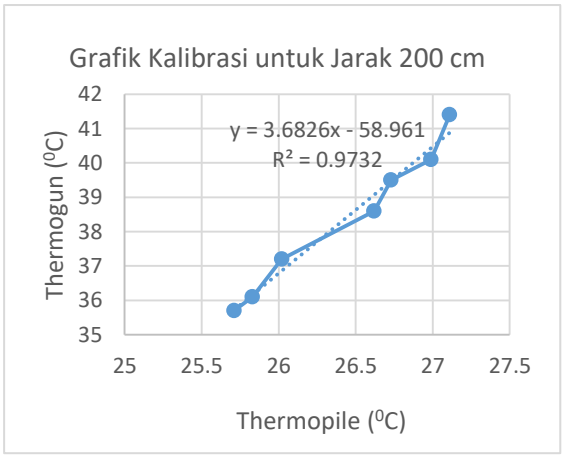
Dari hasil pengujian tersebut, dikalibrasi dengan dicari persamaan linier untuk masing-masing jarak. Persaman linier yang didapatkan akan digunakan sebagai persamaan kalibrasi bacaan sensor pada jarak tertentu. Pada 30 kali pengukuran untuk temperature 36,3°C maka pada jarak 50 cm, 100 cm, dan 150 cm ditunjukkan berturut-turut pada Gambar , Gambar , Gambar , sedangkan Gambar 11. Grafik kalibrasi untuk jarak 50 cm



Gambar 12. Grafik kalibrasi untuk jarak 100 cm



Gambar 13. Grafik kalibrasi untuk jarak 150 cm

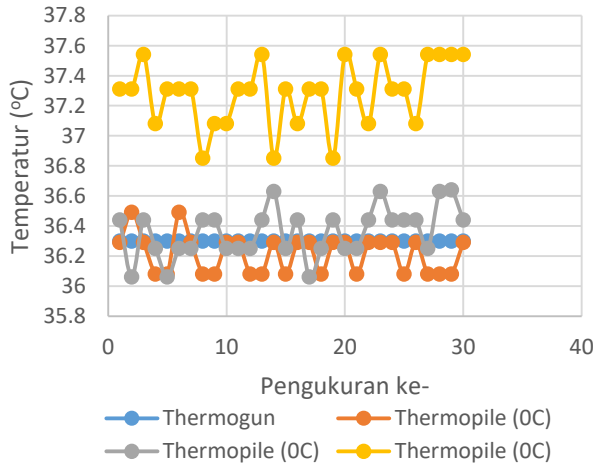


Gambar 14. Grafik kalibrasi untuk jarak 200 cm

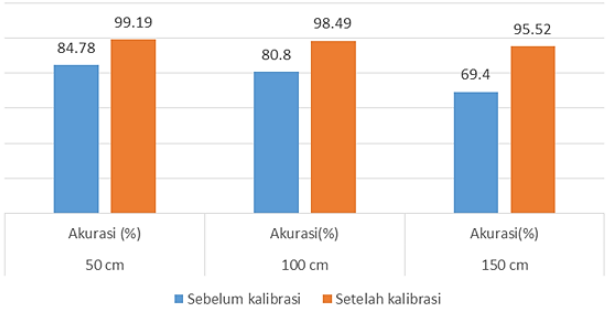
Persamaan kalibrasi pada Tabel 1 dimasukkan ke dalam program kemudian dilakukan pengujian terhadap karakterisasi dari sensor, yaitu akurasi, presisi, bias, dan *error*.

Tabel 1. Acuan persamaan referensi pada berbagai range jarak pengukuran

Range jarak	Jarak referensi	Persamaan referensi
0-75 cm	50 cm	y = 0,8129x + 11,9
76–125 cm	100 cm	y = 0,7613x + 14,743
126–175 cm	150 cm	y = 0,9186x + 12,051



Gambar 85. Pengukuran berulang pada temperatur referensi 36,3°C pada 3 jarak referensi



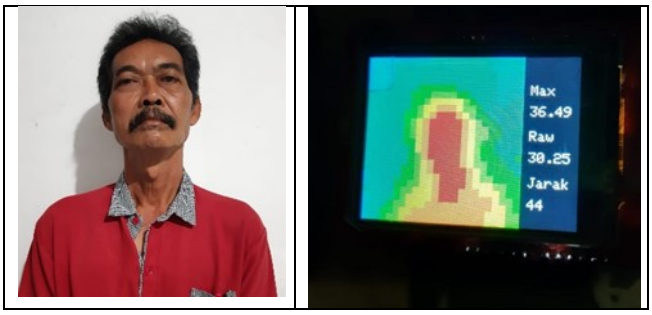
Gambar 96. Perbandingan akurasi sebelum dan setelah kalibrasi

Dengan pengukuran pada temperatur tubuh 36,3°C sebanyak 30 kali menggunakan rumus persamaan regresi pada jarak 50 cm, 100 cm, 150 cm, dan 200 cm maka hasil pengukuran temperatur tubuh non kontak dengan menggunakan *thermopile array* sensor ditunjukkan pada Gambar 85. Perhitungan akurasi, presisi, bias, dan *error* pada ketiga jarak tersebut ditunjukkan pada Tabel . Sedangkan pada Gambar 96 menunjukkan perbandingan bias error dan akurasi sebelum dan setelah kalibrasi.

Pada tampilan citra dilakukan interpolasi data dari 8x8 menjadi 24x24 pixels. Hasil dari proses interpolasi ini adalah sebual nilai (dalam rentang 0-255) yang disimpan dalam suatu variable ‘val’. Lalu hasil nilai ini dimapping menjadi nilai RGB yang langsung ditampilkan pada LCD.

Tabel 2. Data Pengujian Karakteristik Pengukuran Statik Sensor Infrared Thermopille Setelah Kalibrasi dengan Auto Adjustment

Hasil pengukuran	Jarak		
	50 cm	**100 cm**	**150 cm**
Rata-rata (x) pengukuran sensor (^oC)	36,21	36,36	37,28
Standar deviasi (σ)	0,13	0,16	0,22
Nilai pembanding (x_{benar}) (^oC)	36,3		
Bias (^oC)	-0,09	0,06	0,98
Akurasi (%)	**99,19**	**98,49**	**95,52**
Standar deviasi	**0,128**	**0,164**	**0,215**
Presisi (%)	**98,94**	**98,65**	**98,27**
Bias (^oC)	**-0,09**	**0,06**	**0,98**
***Error* (%)**	**0,81**	**1,51**	**4,48**



(a) **(b)**

Gambar 17. Pengambilan temperatur diambil pada area wajah dengan jarak 44 cm dengan tampilan citra pada LCD: (a) objek, (b) citra pada LCD



Gambar 18. Temperatur yang ditunjukkan oleh *thermogun*

B. Tampilan Topografi Temperature Wajah pada LCD

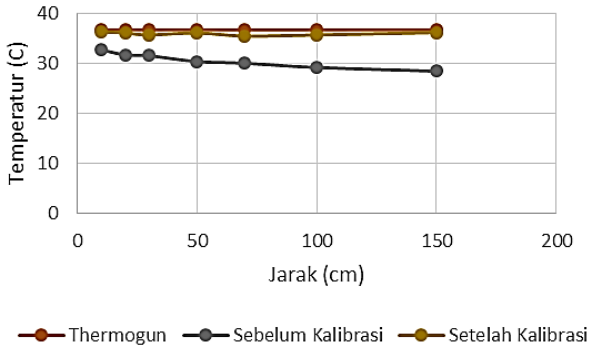
Untuk wajah dengan temperatur di dahi dengan menggunakan *thermogun* menunjukkan 36,7°C dan pengukuran temperatur dengan jarak objek dan sensor pada jarak 44 cm, maka topografi temperatur yang ditunjukkan pada LCD 2,4” sebesar 36,49°C seperti yang ditunjukkan pada Gambar 17. Adapun temperatur terukur dengan *thermogun* ditunjukkan Gambar 18.

C. Pengujian Variasi Jarak Lain dengan Auto Adjustment

Untuk selanjutnya adalah pada variasi jarak selain jarak referensi. Pada algoritma pembacaan pengukuran agar alat ukur dapat melakukan *auto adjustment*, maka digunakan *range* jarak tertentu mengacu pada salah satu jarak referensi terdekat seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Adapun hasil dari *auto adjustment* pada setiap pengukuran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 19 untuk jarak sembarang. Jarak yang digunakan disini adalah jarak (dalam cm) 10, 20, 30, 50, 70, 100, dan 150 sebelum dan setelah dikalibrasi. Disini kenaikan akurasinya rata-rata sebesar 15,9%. Adapun perbandingan dengan penelitian G. Sun, *et al* [9] yang menggunakan *thermopile* sensor untuk mengukur temperatur tubuh seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Gambar 20 menunjukkan perbedaan citra pengukuran temperatur yang dihasilkan [9]. Terlihat memang lebih halus dibandingkan dengan citra yang dihasilkan penelitian ini hal ini dikarenakan jumlah sensor atau pixel yang digunakan juga lebih banyak sebagaimana pada Tabel . Selain itu, juga ditunjukkan jika sensor yang digunakan 16 x 16 dan menghasilkan pixel 2256, sedangkan pada penelitian ini sensor yang digunakan adalah 8 x 8 dan menghasilkan 576 pixel. Namun untuk standar deviasi pengukuran [9] menunjukkan nilai 0,19^{o}C untuk jarak 0,3 m, sedangkan pada penelitian ini pada jarak 0,5 m menunjukkan standar deviasi yang lebih kecil yaitu 0,13^{o}C.



Gambar 19. Pembacaan temperatur pada jarak selain jarak referensi

Tabel 2. Perbandingan hasil pengukuran temperature menggunakan sensor *thermopile* antara penelitian yang dikembangkan dengan penelitian sejenis [9]

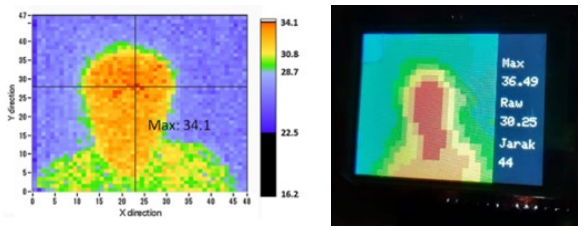
Parameter	G. Sun, *et al* [9]	Penelitian Nuryanti, *et al*
Jarak pengukuran	0,3 m	0,5 m, 0,75 m, 1 m, 1,5m
Deret Sensor yang digunakan	16 x 16	8 x 8
Pixel citra pengukuran	48 x 47 = 2256 pixels	24 x 24 = 576 pixels
Standar deviasi	0,19^{o}C	0,13^{o}C (jarak 0,5m) 0,16^{o}C (Jarak 1 m) 0,22^{o}C (Jarak 1,5 m)

IV. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran temperatur tubuh tanpa sentuh dengan menggunakan sensor deret *thermopile infrared* AMG88. Tampilan pengukuran dapat dilihat dalam suatu citra warna yang menunjukkan level temperatur kepala dimana pengukuran temperatur dilakukan di bagian dahi dengan ketelitian antara 99,19% pada jarak 50 cm dan 95,52% dengan jarak 150 cm. Dengan menggunakan sensor ultrasoni yang dapat mendeteksi jarak orang di depan alat ukur dan dengan ditambah motor *stepper* yang dapat menggerakkan sensor jika sudut pengambilan data tidak sesuai, maka pengukuran dapat melakukan *auto adjustment*, dimana dengan *auto adjustment* ini akurasi meningkat sekitar 15,9%. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan algoritma pendeteksian seperti menggunakan *machine learning.*

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih ditujukan kepada unit Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P4M) Politeknik Manufaktur Bandung atas dukungan dana sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan lancar. Juga laboratorium Sensor Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika atas dukungan fasilitas pada penelitian ini.



(a) **(b)**

Gambar 20. Perbedaan citra yang dihasilkan: (a) G. Sun [9], (b) penelitian ini

REFERENSI

[1] M. Sund-Levander and E. Grodzinsky, "Accuracy when assessing and evaluating body temperature in clinical practice: Time for a change?," *Thermol. Int.*, vol. 22, no. 3, pp. 25–32, 2012.

[2] W. J. Wiersinga, A. Rhodes, A. C. Cheng, S. J. Peacock, and H. C. Prescott, "Pathophysiology, Transmission, Diagnosis, and Treatment of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) A Review," vol. 2019, pp. 1–13, 2020.

[3] H. Chen, A. Chen, and C. Chen, "Investigation of the Impact of Infrared Sensors on Core Body Temperature Monitoring by Comparing Measurement Sites," pp. 1–16, 2020.

[4] A. V. Nguyen *et al.*, "Comparison of 3 infrared thermal detection systems and self-report for mass fever screening," *Emerg. Infect. Dis.*, vol. 16, no. 11, pp. 1710–1717, 2010.

[5] J. S. E. Chaglla, N. Celik, and W. Balachandran, "Measurement of core body temperature using graphene-inked infrared thermopile sensor," *Sensors (Switzerland)*, vol. 18, no. 10, pp. 1–8, 2018.

[6] M. Hisaka, "Noncontact localized internal infrared radiation measurement using an infrared point detector," *Opt. Rev.*, vol. 25, no. 3, pp. 397–402, 2018.

[7] A. Buoite Stella, P. Manganotti, G. Furlanis, A. Accardo, and M. Ajčević, "Return to school in the COVID-19 era: considerations for temperature measurement," *J. Med. Eng. Technol.*, vol. 44, no. 8, pp. 468–471, 2020.

[8] Y. H. Tan, C. W. Teo, E. Ong, L. B. Tan, and M. J. Soo, "Development and deployment of infrared fever screening systems," *Thermosense XXVI*, vol. 5405, p. 68, 2004.

[9] G. Sun, T. Saga, T. Shimizu, Y. Hakozaki, and T. Matsui, "Fever screening of seasonal influenza patients using a cost-effective thermopile array with small pixels for close-range thermometry," *Int. J. Infect. Dis.*, vol. 25, pp. 56–58, 2014.

[10] Q. Huy, T. Id, D. Han, C. Kang, and A. Haldar, "Effects of Ambient Temperature and Relative Humidity on Subsurface Defect Detection in Concrete," pp. 1–18, 2017.

[11] E. Cosentini, L. Canale, and G. Ficco, "Noncontact Body Temperature Measurement : Uncertainty Evaluation and Screening Decision Rule to Prevent the Spread of COVID-19," 2021.

[12] Panasonic, "Infrared Array Sensor Grid-EYE (AMG88)," 2016, [Online]. Available: https://industrial.panasonic.com/cdbs/www-data/pdf/ADI8000/ADI8000C33.pdf.

[13] M. NADI, C. MARGO, M. KOUIDER, J. PRADO, and D. KOURTICHE, "Embedded system design and implementation of standard auto-calibrated measurement chain," *Int. J. Smart Sens. Intell. Syst.*, vol. 1, no. 1, pp. 21–33, 2008.

[14] J. W. Lin, M. H. Lu, and Y. H. Lin, "A thermal camera based continuous body temperature measurement system," *Proc. - 2019 Int. Conf. Comput. Vis. Work. ICCVW 2019*, pp. 1681–1687, 2019.

[15] M. Kopaczka, J. Schock, J. Nestler, K. Kielholz, and D. Merhof, "A combined modular system for face detection , head pose estimation , face tracking and emotion recognition in thermal infrared images," *2018 IEEE Int. Conf. Imaging Syst. Tech.*, pp. 1–6, 2018.

[16] R. Kolk, "A Fully Annotated Thermal Face Database and its Application for Thermal Facial Expression Recognition," *2018 IEEE Int. Instrum. Meas. Technol. Conf.*, pp. 1–6, 2018.

[17] S. Abidin, "Deteksi Wajah Menggunakan Metode Haar Cascade Classifier Berbasis Webcam Pada Matlab," *J. Teknol. Elekterika*, vol. 15, no. 1, p. 21, 2018.