

Real-time Visualisasi Temperatur Pada NTC Sensor Array menggunakan Metode Interpolasi Gaussian berbasis Python

Joni ^{(1,a)*}, Sabar ^(1,b), Kisna Pertiwi^(1,c), M. Ikhsanudin^(2,d), dan Leo Sinambela^(1,e)

⁽¹⁾ Program Studi Rekayasa Instrumentasi dan Automasi, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Indonesia, 35365

⁽²⁾ Program Studi Teknik Telekomunikasi, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Indonesia, 35365

Email : ^(a*)joni@ia.itera.ac.id.com, ^(b)sabar@ia.itera.ac.id.com, ^(c)kisna.pertiwi@ia.itera.ac.id, ^(d)mikhsanudin.119400029@student.itera.ac.id, ^(e)leo.122490001@student.itera.ac.id

Diterima (25 Juli 2023), Direvisi (27 Juli 2023)

Abstract. Thermal camera technology has been rapidly advancing in the process of remotely measuring temperature. In addition, thermal cameras can also be used to detect gas, water, and other fluid leaks by measuring the temperature changes in the measured object, such as water pipes within walls that cannot be seen directly with the naked eye. However, thermal cameras have limitations in directly measuring dynamic temperature, such as in electric motors mounted on engine blocks. Moreover, there is a need for acquiring data on temperature changes that can be stored and displayed in real-time. The aim of this research is to develop a basic prototype capable of measuring the temperature of the target object and displaying it directly, with the displayed data also being stored in a database. The hardware used for measurements in this study consists of an array of 36 NTC sensors, which are read by the ADC on each ESP-12K microcontroller. The measured data is sent from the microcontroller to the computer via serial communication in the form of voltage values, which are then converted into resistance and temperature values on the computer. For the temperature array visualization process, the author uses Python programming language and the Gaussian Interpolation method.

Keywords: Array Sensor, Interpolation, Steinhart-Hart.

Abstrak. Penggunaan kamera termal dapat digunakan dalam pengukuran kebocoran gas, air, dan fluida lainnya melalui perubahan temperatur pada media yang diukur seperti pipa air dalam tembok yang tidak dapat dilihat secara langsung dengan mata telanjang. Namun dalam proses pengukuran temperatur secara langsung, kamera termal memiliki keterbatasan, seperti pengukuran dinamika temperatur pada motor listrik yang terpasang pada blok mesin. Juga dibutuhkannya proses akuisisi data perubahan temperatur yang dapat disimpan dan ditampilkan secara langsung. Tujuan dari penelitian ini adalah pembuatan purwarupa dasar yang dapat melakukan proses pengukuran temperatur pada objek yang diukur dan dapat ditampilkan secara langsung, dan data yang ditampilkan juga akan tersimpan dalam basis data. Perangkat keras yang digunakan untuk pengukuran pada penelitian ini adalah 36 sensor NTC yang disusun secara array dan dibaca oleh ADC pada masing-masing mikrokontroler ESP-12K. Data pengukuran yang dikirimkan mikrokontroler ke komputer melalui komunikasi serial berupa nilai tegangan dan dikonversi menjadi nilai resistansi dan temperatur pada komputer. Untuk proses visualisasi temperatur array penulis menggunakan bahasa pemrograman Python dan metode Interpolasi Gaussian.

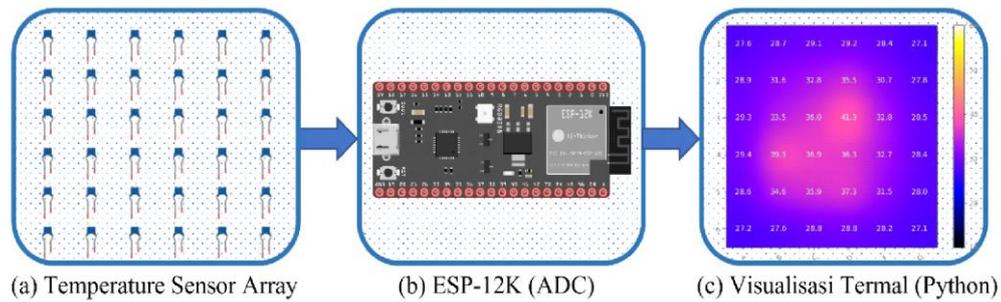
Kata kunci: Sensor Array, Interpolasi, Steinhart-Hart.

PENDAHULUAN

Sensor suhu merupakan salah satu jenis sensor yang sangat penting dalam pengukuran suhu pada berbagai bidang, seperti dalam industri, lingkungan, kesehatan, dan lain-lain. Berbagai jenis sensor suhu telah dikembangkan, termasuk sensor suhu array dengan ukuran maksimum 8 x 8 dengan akurasi pembacaan yang tinggi [1], yang memungkinkan pengukuran suhu pada beberapa titik sekaligus. Sensor suhu array memungkinkan pengukuran suhu secara presisi pada permukaan yang kompleks dan berbeda-beda, sehingga memungkinkan aplikasi pada berbagai bidang, seperti dalam pengukuran temperatur tubuh manusia pada kursi [2] yang dapat digunakan di ruang tunggu pasien dalam menentukan antrian prioritas saat pemeriksaan di rumah sakit, biomedik, robotik, dan lain-lain. Pengukuran temperatur untuk objek 2 dimensi (2D) dan 3 dimensi secara *real-time* memiliki keterbatasan dimana alat yang digunakan harus dapat mengakuisisi data temperatur sesuai dengan objek yang diukur, sehingga dibutuhkan sebuah alat (prototipe) yang menjadi solusi dalam proses pengukuran tersebut. Penggunaan *array* sensor yang berupa flat surface sensor array bisa menjadi sebuah solusi apabila benda yang diukur hanya dari satu sisi objek. Pada penelitian [3], dijelaskan bahwa fleksibel temperatur sensor array juga bisa digunakan pada permukaan kulit secara efektif [4], namun apabila objek yang hendak diukur merupakan objek 3 dimensi seperti balok atau pipa logam, maka diperlukan prototipe temperatur sensor *array* yang lebih mudah dipasang sesuai dengan objek yang diukur.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Instrumentasi dan Automasi, Gedung Laboratorium Teknik OZT, Institut Teknologi Sumatera, Provinsi Lampung. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan beberapa sensor temperatur (*array*) untuk membaca data permukaan objek yang diukur. Jenis sensor yang digunakan adalah NTC (Negative Temperature Coefficient), juga dikenal sebagai termistor, yang nilai resistansinya dipengaruhi oleh perubahan temperatur. Data resistansi dari setiap NTC diambil menggunakan ADC dengan resolusi 12-Bit pada mikrokontroler ESP-12K yang memiliki 18 kanal ADC. Data pengukuran tersebut dikirim ke komputer melalui jalur serial dan ditampilkan menggunakan aplikasi Python, seperti yang terlihat pada Gambar 1. Tampilan gambar termal pada bagian c Gambar 1 merupakan hasil visualisasi dari interpolasi data resistansi yang dikonversi menjadi temperatur. Data yang diterima komputer merupakan hasil pembacaan 36-unit NTC yang diakuisisi oleh ADC pada 2-unit mikrokontroler ESP-12K dan proses Visualisasi dilakukan secara *real-time* dengan menggunakan metode Interpolasi Gaussian. Objek pengukuran menggunakan jari tangan pada *array* sensor dan proses pengukuran dan perbandingan nilai temperatur yang dibaca oleh ADC pada mikrokontroler hanya terbatas pada pengambilan nilai resistansi dari NTC yang dikonversi menjadi temperatur dan ditampilkan pada aplikasi Python.



Gambar 1. Blok Diagram

Temperatur Sensor Array (6x6)

Data yang bisa dibaca oleh ADC pada ESP-12K harus berupa tegangan, sehingga diperlukan komponen tambahan dengan menggunakan resistor sebagai pembagi tegangan seperti pada Gambar 2 sehingga dapat ditentukan tegangan output (V_{out}) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$V_{out} = \frac{R_2}{(R_{ntc} + R_2)} V_{in} \tag{1}$$

Keterangan:

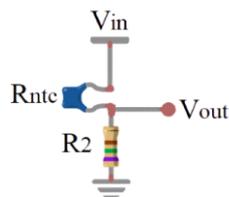
V_{out} : Tegangan keluaran dari rangkaian

V_{in} : Sumber tegangan input

R_2 : Nilai resistansi pada Resistor R2

R_{ntc} : Nilai resistansi pada NTC

Nilai tegangan output V_{out} berbanding terbalik dengan nilai resistansi dari R_{ntc} , dimana semakin tinggi temperatur pada R_{ntc} maka akan semakin kecil nilai resistansinya, dan akan semakin besar tegangan output pada V_{out} .

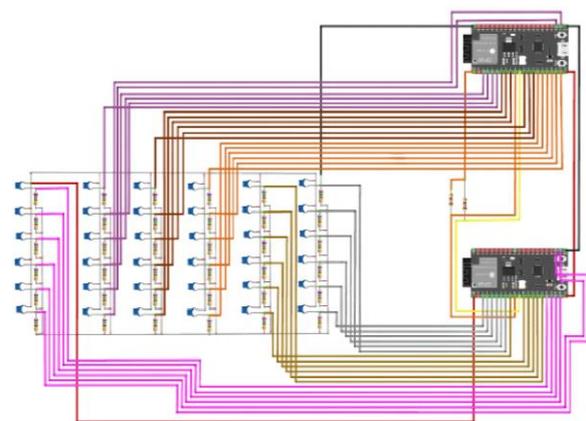


Gambar 2. Gambar Rangkaian Pembagi Tegangan

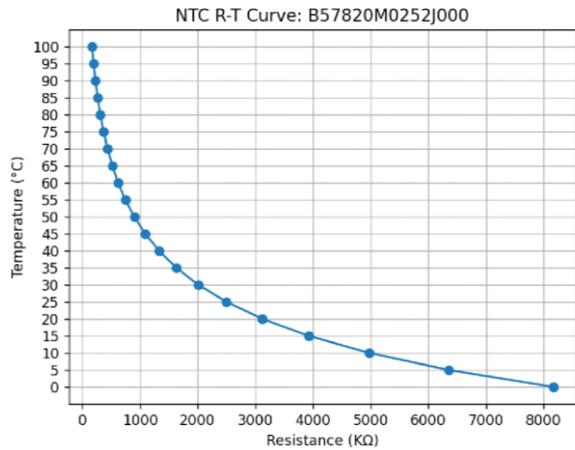
Adapun rangkaian keseluruhan sensor array merupakan susunan dari rangkaian Gambar 2 yang dapat dilihat pada Gambar 3, dimana data pembacaan setiap ADC yang berupa tegangan kemudian akan dikonversi menjadi resistansi menggunakan persamaan 1 sebagai berikut:

$$R_{ntc} = R_2 \left(\frac{V_{in}}{V_{out}} - 1 \right) \tag{2}$$

Pada penelitian ini penulis menggunakan sensor temperatur NTC dengan resistansi 2.5K ohm pada temperatur 25 dengan tipe B57820M0252J000 dan memiliki kurva karakteristik seperti pada Gambar 4. Sensor NTC merupakan jenis sensor yang nilai resistansinya akan menurun saat temperatur pada NTC meningkat:



Gambar 3. Rangkaian ESP-12K dan temperatur sensor 6x6 (array)



Gambar 4. Kurva Resistansi vs *Temperature* pada NTC bertipe B57820M0252J000

Dalam perhitungan untuk menentukan temperatur dari nilai resistansi yang didapatkan digunakan persamaan Steinhart-Hart sebagai berikut :

$$\frac{1}{T} = A + B \cdot \ln(R_t) + C \cdot (\ln(R_t))^3 \quad (3)$$

dimana, R_t adalah resistansi NTC (Ω) pada temperatur T (Kelvin) dan A, B, C adalah konstanta NTC.

Koefisien $A, B,$ dan C pada NTC merupakan nilai yang didapatkan dari tiga nilai resistansi pada temperatur yang berbeda dengan persamaan berikut:

$$\begin{bmatrix} 1 & \ln(RA) & (\ln(RA))^3 \\ 1 & \ln(RB) & (\ln(RB))^3 \\ 1 & \ln(RC) & (\ln(RC))^3 \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} A \\ B \\ C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{TA+273.15} \\ \frac{1}{TB+273.15} \\ \frac{1}{TC+273.15} \end{pmatrix} \quad (4)$$

Keterangan:

RA, RB, RC : Nilai resistansi (Ω) terhadap acuan temperatur

TA, TB, TC : Temperatur acuan untuk pengukuran

Tabel 1. Nilai resistansi terhadap temperatur

Resistansi	Temperatur
7000	9
2500	25
165	100

Nilai resistansi pada Tabel 1 merupakan hasil pengukuran nilai NTC pada tiga level temperatur yang berbeda.

Berikut merupakan nilai koefisien Steinhart-Hart $A, B,$ dan C yang diperoleh dengan menggunakan persamaan (4) sebelumnya:

$$A = 1.097646740 \times 10^{-03}$$

$$B = 3.265998912 \times 10^{-04}$$

$$C = -6.412517903 \times 10^{-07}$$

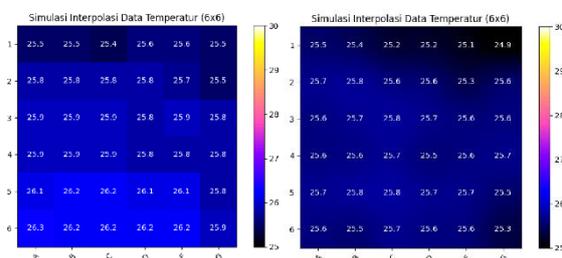
Interpolasi Gaussian

Interpolasi Gaussian adalah salah satu metode interpolasi yang digunakan untuk memperkirakan nilai di antara dua titik data yang diketahui. Metode ini digunakan untuk memperkirakan nilai suhu diantara sensor NTC berdasarkan pembacaan ADC yang diperoleh dari ESP12K. Pertama, data ADC diperoleh dari *hardware gateway* melalui koneksi serial dan kemudian diolah untuk mendapatkan data suhu dari sensor NTC. Data suhu yang diperoleh digunakan sebagai titik data yang diketahui (titik-titik diskrit). Selanjutnya, dengan menggunakan fungsi heatmap dari *library matplotlib* dihasilkan visualisasi data suhu dari sensor NTC dalam bentuk matriks 6x6 dengan skala warna yang dapat disesuaikan berdasarkan program. Metode ini membantu untuk mengisi nilai suhu di antara posisi sensor-sensor yang tidak diketahui, sehingga pengguna dapat memperoleh representasi visual yang lebih halus dan kontinu dari distribusi suhu pada permukaan tersebut. Metodologi ini sangat membantu dalam analisis data suhu untuk memahami pola distribusi suhu dan dapat membantu dalam identifikasi dan prediksi sebaran suhu selanjutnya.

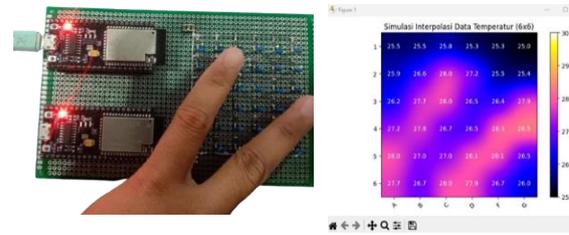
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang telah dilakukan pada Gambar 5 menunjukkan bahwa alat prototype NTC Sensor Array menggunakan Metode Interpolasi Gaussian berbasis Python dapat bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan pada ruangan laboratorium yang telah dikondisikan suhunya dengan temperatur 25 °C terbaca oleh sensor dengan tingkat error ± 1 derajat Celsius. Data suhu pada Gambar 6 merupakan nilai yang berbentuk matriks 6x6 yang terbaca secara real-time melalui visualisasi berbasis *python*. Penelitian sebelumnya yang dilaksanakan oleh [1] juga menggunakan NTC sensor array dengan matrik ukuran 8x8 untuk memantau pembacaan suhu secara *real-time*.

Selanjutnya, dilakukan uji pengukuran temperatur pada dua jari tangan yaitu jari telunjuk dan jari tengah dimana pada Gambar 6 bagian b, terlihat bahwa hasil visualisasi suhu terjadi perubahan secara *real-time*. Distribusi perbedaan nilai temperature dua jari tangan dapat terlihat dengan jelas dan nilai hasil visualisasinya. Penelitian oleh [5] menyatakan bahwa di masa depan, sensor ini dapat dipasang pada aktivitas manusia untuk memonitoring kesehatan tubuh manusia seperti yang dilakukan oleh [2].



Gambar 5. Visualisasi temperatur pada Aplikasi Python sebelum (a) dan sesudah (b) melalui proses Interpolasi Gaussian



(a) (b)

Gambar 6. Pengukuran temperatur (a) jari tangan dan (b) hasil visualisasi pengukuran

Penelitian yang dilakukan oleh [6] mengenai *low-cost fabrication of flexible tactile sensor arrays* sistem yang dibuat ini telah memberikan manfaat yang besar dalam pengembangan sistem sensor yang mampu membaca bentuk dan pola suatu benda dengan biaya terjangkau.. Penelitian dengan judul Real-time Visualisasi Temperatur pada NTC Sensor Array menggunakan Metode Interpolasi Gaussian berbasis Python diharapkan dapat mengalami perkembangan lebih lanjut dengan penerapan *machine learning* untuk pengukuran non-destruktif seperti yang telah dilakukan oleh [7].

KESIMPULAN

Berdasarkan kajian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa prototype NTC sensor array dengan metode Interpolasi Gaussian berbasis python mampu beroperasi dengan baik. Penelitian ini berhasil menyajikan sensor termal berbiaya rendah berdasarkan matrik ukuran 6x6 susunan termistor. Kemudian kesalahan absolut maksimum dalam pembacaan suhu menggunakan NTC adalah ± 1 °C [8].

SARAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan menggunakan *prototype* NTC sensor array dengan metode interpolasi gaussian berbasis *python*, ada potensi pengembangan lebih lanjut menggunakan mikrokontroler dan ADC dengan spesifikasi yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. A. Hidalgo-López, J. Romero-Sánchez, R. Fernández-Ramos, J. F. Martín-Canales, and J. F. Ríos-Gómez, “A low-cost, high-accuracy temperature sensor array,” *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 125, no. February, pp. 425–431, 2018, doi: 10.1016/j.measurement.2018.04.085.
- [2] Z. Liu, L. Chang, Z. Luo, V. Cascioli, A. I. Heusch, and P. W. McCarthy, “Design and development of a thermal imaging system based on a temperature sensor array for temperature measurements of enclosed surfaces and its use at the body-seat interface,” *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 104, pp. 123–131, 2017, doi: 10.1016/j.measurement.2017.03.022.
- [3] X. Ren *et al.*, “A Low-Operating-Power and Flexible Active-Matrix Organic-Transistor Temperature-Sensor Array,” vol. 28, no. 24, pp. 4757–4942, 2016.
- [4] W. P. Shih *et al.*, “Flexible temperature sensor array based on a Graphite-Polydimethylsiloxane composite,” *Sensors*, vol. 10, no. 4, pp. 3597–3610, 2010, doi: 10.3390/s100403597.
- [5] J. S. Meena, S. Bin Choi, S.-B. Jung, and J.-W. Kim, “Electronic textiles: New age of wearable technology for healthcare and fitness solutions,” *Mater. Today Bio*, vol. 19, no. January, p. 100565, 2023, doi: 10.1016/j.mtbio.2023.100565.
- [6] N. Fiedler, P. Ruppel, Y. Jonetzko, N. Hendrich, and J. Zhang, “Low-cost fabrication of flexible tactile sensor arrays,” *HardwareX*, vol. 12, p. e00372, 2022, doi: 10.1016/j.ohx.2022.e00372.
- [7] Sabar, A. H. Saputro, and C. Imawan, “Moisture Content Prediction System of Dried Sea Cucumber (Beche-demer) Based on Visual Near-Infrared Imaging,” *Proc. 2019 6th Int. Conf. Instrumentation, Control. Autom. ICA 2019*, no. August, pp. 167–171, 2019, doi: 10.1109/ICA.2019.8916705.
- [8] M. Petkovšek, M. Nemec, and P. Zajec, “Algorithm execution time and accuracy of NTC thermistor-based temperature measurements in time-critical applications,” *Mathematics*, vol. 9, no. 18, p. 2266, 2021. doi:10.3390/math918226