

Pengembangan Sistem Pembacaan Otomatis Berbasis Arduino Mega untuk Pengukuran Suhu dalam Praktikum Pindah Panas

Joni^{1*}, Rustam Efendi²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Cenderawasih

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Tenggara

E-mail: *me.uncen@gmail.com

Abstrak

Pengukuran suhu merupakan elemen penting dalam praktikum pindah panas. Namun, seringkali pengukuran manual menggunakan termometer air raksa menghadapi kendala, seperti kesalahan pembacaan akibat posisi yang miring. Untuk mengatasi masalah ini, solusi yang lebih andal adalah menggunakan sistem pembacaan otomatis. Salah satu pilihan yang terjangkau dan mudah didapatkan adalah menggunakan sensor MAX6675 berbasis Arduino Mega data logger. Walaupun demikian, keakuratan pembacaan dari sistem ini memerlukan kalibrasi yang tepat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan kalibrasi sederhana dengan membandingkan hasil bacaan termokopel tipe K dengan termometer air raksa. Data kalibrasi kemudian dianalisis dan diplot pada lembar kerja Excel menggunakan metode regresi linier untuk mendapatkan standar pembacaan yang sejajar dengan termometer air raksa yang sudah terkalibrasi. Metode penelitian yang digunakan adalah metode rancang bangun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat error rata-rata sebesar 1.10%. Setelah dilakukan kalibrasi, selisih suhu sebesar 0.5°C terlihat pada kondisi suhu kamar. Selain itu, dalam penelitian ini juga dilakukan analisis exponential smoothing dengan menggunakan nilai alfa sebesar 0.2.

Kata kunci: Arduino Mega, MAX6675, termokopel tipe K, termometer air raksa

Abstract

Temperature measurement plays a crucial role in heat transfer laboratory experiments. However, manual measurements using mercury thermometers often suffer from issues such as reading errors due to tilted positions. As a reliable alternative, the use of automated temperature measurement systems is preferred. One cost-effective and easily accessible option is the sensor of MAX6675 based on the Arduino Mega data logger. Nevertheless, the accuracy of readings from this system requires proper calibration. Therefore, this study aims to perform a simple calibration by comparing the readings obtained from the K-type thermocouple with those from a calibrated mercury thermometer. The calibration data is then analyzed and plotted in an Excel spreadsheet using linear regression to establish a standardized reading that aligns with the calibrated mercury thermometer. The research methodology employed in this study is a design-based approach. The results indicate an average error of 1.10%. After calibration, a temperature difference of 0.5°C was observed under ambient conditions. Additionally, exponential smoothing analysis was conducted using an alpha value of 0.2.

Keywords: Arduino Mega, MAX6675, K type thermocouple, mercury thermometer

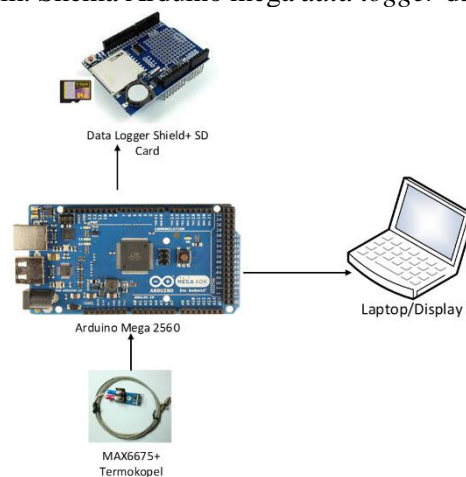
1. PENDAHULUAN

Pengukuran suhu merupakan suatu hal yang penting pada praktikum pindah panas. Pengukuran suhu dapat dilakukan dengan menggunakan alat ukur standar seperti termometer air raksa. Hanya saja bila pengukuran suhu dibutuhkan waktu yang lama maka dibutuhkan alat ukur seperti data akuisisi dan *data logger* yang saat ini banyak digunakan oleh para peneliti untuk mendapatkan data yang lebih valid dan kontinyu. Salah satu yang menjadi kendala adalah harga data akuisisi dan *data logger* yang masih sangat mahal. Sehingga bagi peneliti yang memiliki keterbatasan biaya tidak mampu melakukan pengadaan. Saat ini Arduino merupakan salah satu mikrokontroler yang dapat terhubung dengan berbagai sensor, baik berupa sensor getaran, putaran, kecepatan, jarak, kelembapan, laju aliran air [1, 2], tegangan [3], arus [3], suhu [4-9] dan berbagai sensor lain yang tersedia dan dapat dihubungkan dan dikembangkan dengan menggunakan Arduino sebagai mikrokontroler. Darjat, et al. [10] mendesain data akuisisi multi sensor untuk mengukur oksigen, hidrogen, suhu (suhu 28.6°C dengan error rata-rata 0.28%), dan tekanan. Roihan and Koestoer [11] berhasil mengukur suhu kolektor surya menggunakan *data logger* berbasis Arduino UNO dengan kinerja yang baik dan juga memberikan saran agar menggunakan Arduino Mega apabila dibutuhkan channel yang lebih banyak. Investigasi suhu *mie cup* menggunakan Arduino UNO dengan MAX6675+termokopel tipe K sebagai media pembelajaran mahasiswa tentang mata kuliah termodinamika [12]. Penggunaan Arduino Mega dengan *multichannel* MAX6675+termokopel tipe K dilakukan oleh Nabila, et al. [13] dapat berfungsi secara bersamaan dalam waktu yang bersamaan. Berdasarkan uraian di atas perlu dilakukan pengembangan data logger berbasis Arduino untuk pengukur suhu. Tujuan penelitian ini adalah merancang bangun *data logger* berbasis Arduino sebagai pengukur suhu.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

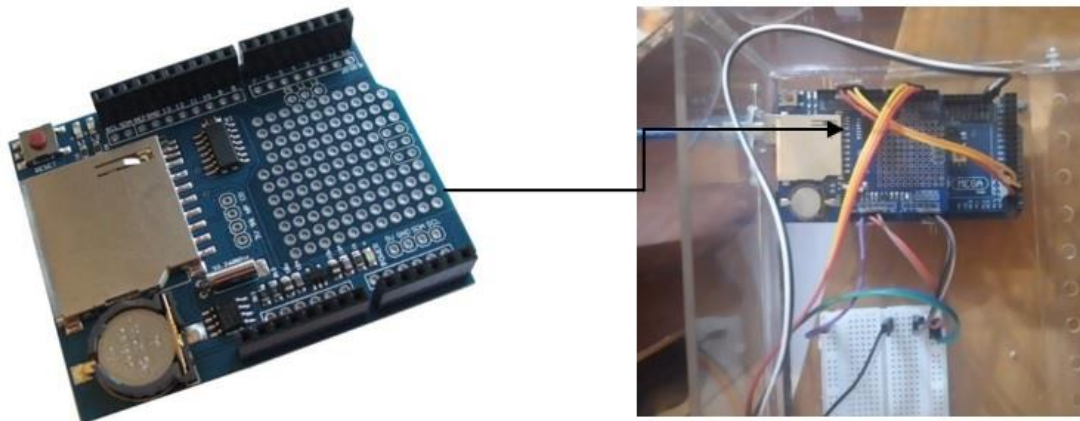
Penelitian ini menggunakan alat laptop ASUS K43SJ dengan spesifikasi Processor Core i3 generasi 2, RAM DDR 3 12GB, SSD Toshiba 256GB, Nvidia Geforce GT 520M 1GB, Windows 11 dan software Arduino IDE. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah satu buah Arduino Mega 2560, satu buah sensor MAX6675 dilengkapi dengan socket termokopel, termokopel tipe-K, Adaptor USB V-Gen, *Data logger shield V 1.0* + Micro SD V-Gen 32GB, kabel jumper, dan box akrilik. Skema Arduino mega *data logger* dapat dilihat pada Gambar 1.



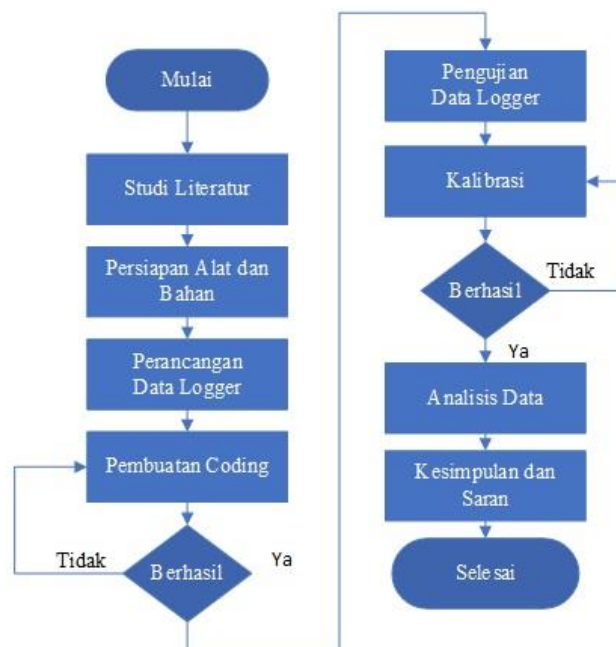
Gambar 1 Skema data logger

2.2 Pembuatan Data Logger

Data logger shield dihubungkan ke Arduino Mega 2560 dengan beberapa modifikasi karena *Data logger shield* yang digunakan hanya dirancang untuk Arduino Uno sehingga harus dilakukan modifikasi terlebih dahulu. Pengaturan (penyimpanan data) pin digital 11, 12, dan 13 pada *Data logger shield* tidak dihubungkan secara langsung, akan tetapi kaki-kakinya dipotong atau ditekuk. Selanjutnya pin 11 dihubungkan ke pin digital 51 (MOSI), pin 12 ke pin 50 (MISO) dan pin 13 dihubungkan ke 52 (SCK). Sementara pin 10 tetap dihubungkan ke pin 10 Arduino Mega. A4 (SDA) dan A5 (SCL) dihubungkan ke pin 20 dan 21. MAX6675+termokopel tipe K dihubungkan ke pin digital 2, 3, dan 4 (SO, CS, dan SCK). VCC dan GND dihubungkan ke pin 5V dan GND. Posisi pemasangan dapat dilihat pada Gambar 2. Bagan alir penelitian disajikan pada Gambar 3.



Gambar 2 Perakitan *data logger*



Gambar 3. Bagan alir penelitian

2.3 Upload Upload Source Code dan Pengujian

Source code dibuat pada aplikasi Arduino IDE dan semua *library* dipastikan sudah dimasukkan agar pada saat proses *verify* dan *upload* dapat berjalan sesuai yang telah dibuat.

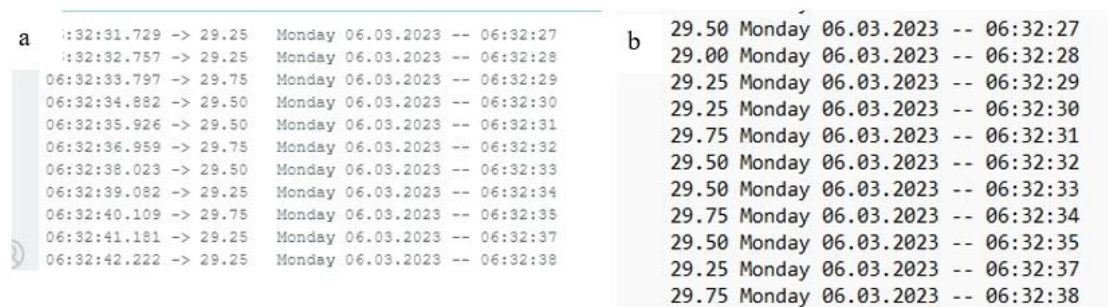
Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan termokopel tipe K dan termometer air raksa ke dalam gelas (dinding terinsulasi) yang berisi air panas (Gambar 4). Sebagai metode kalibrasi yang telah dilakukan penelitian terdahulu [5, 14, 15]. Setiap waktu dilakukan pencatatan data hasil pengukuran. Rentang suhu air yang diukur adalah 85-33°C.



Gambar 4 Pengujian *data logger*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada aplikasi Arduino IDE ketika coding berhasil pada proses *verify* dan *upload* maka selanjutnya memastikan serial monitor dapat menampilkan hasil pembacaan *data logger* (Gambar 5a). Hasil pembacaan yang tersimpan pada SD Card dapat dilihat pada Gambar 5b. Suhu yang terukur adalah merupakan suhu kamar.



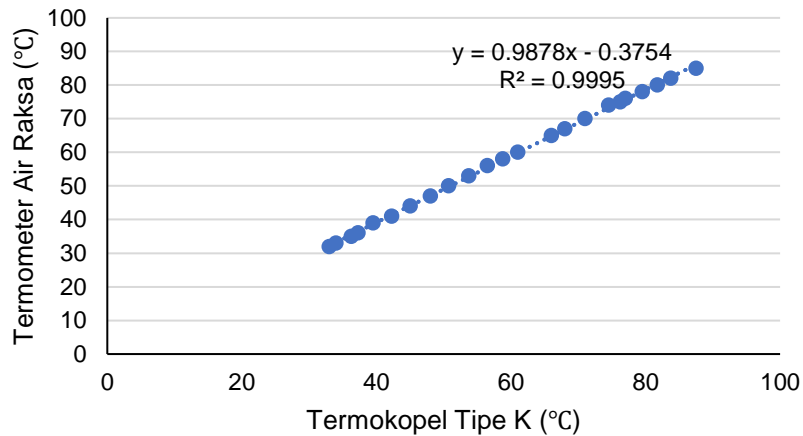
Gambar 5 a. Tampilan serial monitor dan b. pembacaan SD Card (sebelum kalibrasi)

Tabel 1 menyajikan hasil pengukuran termokopel dan termometer air raksa. Perbedaan suhu berkisar pada 0.75 – 1.75 °C. Error rata-rata adalah sebesar 1.10%. Hasil dari pembacaan tersebut dapat ditingkatkan dengan menggunakan pendekatan matematika sederhana dengan menggunakan persamaan regresi linier. Data yang telah dicatat dibandingkan dan diplot ke MS Excel untuk melihat hasil regresi linier yang didapatkan. Persamaan regresi linier dimasukkan ke dalam coding Arduino IDE (Gambar 6) agar data yang didapatkan pada saat pengukuran selanjutnya menjadi data yang sudah terkalibrasi dengan termometer standar. Menurut Riantono, et al. [14] persamaan regresi linier dapat digunakan sebagai kalibrasi pada coding Arduino IDE. Persamaan regresi linier yang didapatkan pada penelitian ini adalah $Y = 0.9878X - 0.3754$. Regresi linier dan R^2 dapat dilihat pada Gambar 7.

```
void loop() {  
  tempC1 = thermocouple1.readCelsius(); // Read Temperature from MAX6675  
  TC1 = (tempC1*0.9878-0.3754);
```

Gambar 6 Coding persamaan regresi linier

Persamaan regresi linier yang telah dimasukkan ke dalam coding dilakukan *verify* dan *upload* untuk memastikan bahwa coding yang telah dimasukkan benar. Selisih suhu sebelum dan sesudah kalibrasi adalah sebesar 0.5°C (kondisi suhu kamar). Perubahan pembacaan setelah kalibrasi disajikan pada Gambar 8. Hal yang perlu diketahui bahwa data logger berbasis Arduino apabila dilakukan penambahan sensor MAX6675, maka kalibrasi tetap harus dilakukan. Sebagaimana yang dinyatakan oleh Riantono, et al. [14].



Gambar 7 Regresi linier hasil pengukuran

```

06:49:37.529 -> 28.02 Monday 06.03.2023 -- 06:49:33
06:49:38.586 -> 28.52 Monday 06.03.2023 -- 06:49:34
06:49:39.618 -> 28.76 Monday 06.03.2023 -- 06:49:35
06:49:40.671 -> 28.76 Monday 06.03.2023 -- 06:49:36
06:49:41.707 -> 28.52 Monday 06.03.2023 -- 06:49:37
06:49:42.774 -> 28.52 Monday 06.03.2023 -- 06:49:38
06:49:43.816 -> 28.76 Monday 06.03.2023 -- 06:49:39
06:49:44.869 -> 28.76 Monday 06.03.2023 -- 06:49:40
06:49:45.903 -> 28.76 Monday 06.03.2023 -- 06:49:41
06:49:46.986 -> 28.76 Monday 06.03.2023 -- 06:49:42
06:49:48.011 -> 28.76 Monday 06.03.2023 -- 06:49:43
    
```

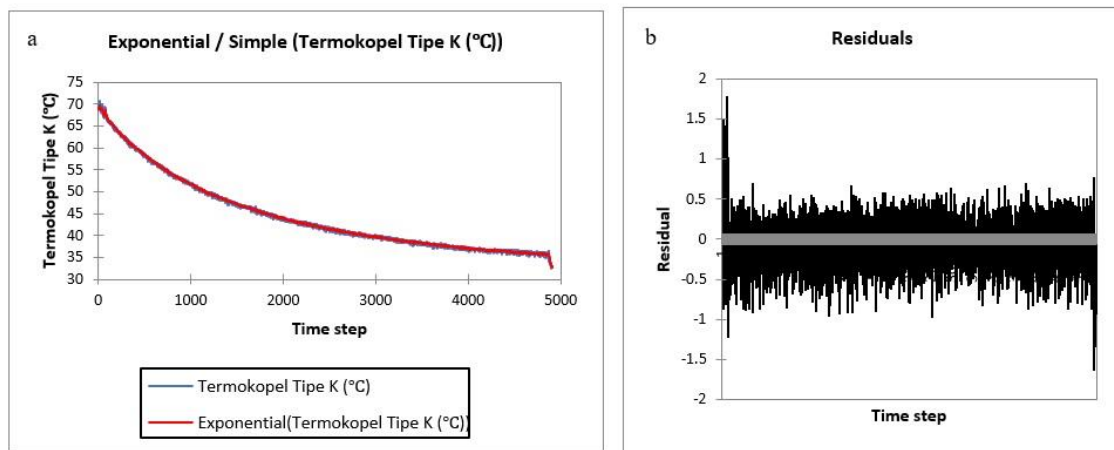
Gambar 8 Hasil pembacaan setelah dilakukan kalibrasi

Tabel 1 Perbandingan termokopel tipe K dan termometer air raksa

No	Termokopel Tipe K (°C)	Termometer Air Raksa (°C)	Error (%)
1	87.5	85	2.5
2	83.75	82	1.75
3	81.75	80	1.75
4	79.5	78	1.5
5	77	76	1
6	76.25	75	1.25
7	74.5	74	0.5
8	71	70	1
9	68	67	1
10	66	65	1
11	61	60	1
12	58.75	58	0.75
13	56.5	56	0.5
14	53.75	53	0.75
15	50.75	50	0.75
16	48	47	1
17	45	44	1
18	42.25	41	1.25

19	39.5	39	0.5
20	37.25	36	1.25
21	36.25	35	1.25
22	34	33	1
23	33	32	1
Error rata-rata			1.10%

Pengukuran suhu air panas dengan rentang suhu 70 - 33°C dilakukan setelah kalibrasi termokopel. Data yang terekam dimasukkan ke dalam excel lalu dilakukan analisis *exponential smooting* menggunakan XLSTAT untuk memperhalus hasil pembacaan (Gambar 9a). Sedangkan selisih (*residuals*) disajikan pada Gambar 9b. Di mana alpha adalah sebesar $\alpha = 0.2$.



Gambar 9 Hasil pengukuran suhu air (*exponential smooting*)

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian error rata-rata sebesar 1.10%, selisih suhu setelah kalibrasi adalah 0.5 °C dan nilai alpha hasil analisis exponential smooting sebesar 0.2. Data logger berbasis Arduino berhasil dirancang dan menunjukkan data suhu dapat diukur dengan baik bersifat kontinyu dan mengumpulkan data secara otomatis tanpa perlu mencatat secara manual.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. B. Koshoeva, N. I. Mikheeva, D. I. Mikheev, and A. T. Bakalova, "Arduino-based automated system for determining water flow consumption in open flow," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 2142, no. 1, p. 012009, 2021/12/01 2021, doi: 10.1088/1742-6596/2142/1/012009.
- [2] S. S. Mulik, A. D. Patange, R. Jegadeeshwaran, S. S. Pardeshi, and A. Rahegaonkar, "Development and Experimental Assessment of a Fluid Flow Monitoring System Using Flow Sensor and Arduino Interface," in *Innovative Design, Analysis and Development Practices in Aerospace and Automotive Engineering*, Singapore, N. Gascoin and E. Balasubramanian, Eds., 2021// 2021: Springer Singapore, pp. 115-122.
- [3] H. Amiry *et al.*, "Design and implementation of a photovoltaic I-V curve tracer: Solar modules characterization under real operating conditions," *Energy Conversion and Management*, vol. 169, pp. 206-216, 2018, doi: 10.1016/j.enconman.2018.05.046.
- [4] L. Bin and L. Jinhui, "Design of industrial temperature monitoring system based on single chip microcontroller," in *2011 International Conference on Computer Science and Service System (CSSS)*, 27-29 June 2011 2011, pp. 342-344, doi: 10.1109/CSSS.2011.5974595.
- [5] C. Romio, "Calibration of a type K thermocouple for use in a data acquisition system with the Arduino," *Periodico Tche Quimica*, vol. 9, no. 17, pp. 60-66, 2012.
- [6] Y. Karan and S. Kahveci, "Wireless measurement of thermocouple with microcontroller," in *23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, 16-19 May 2015, pp. 120-123, doi: 10.1109/SIU.2015.7129867.

-
- [7] E. C. Prima, S. Karim, S. Utari, R. Ramdani, E. R. R. Putri, and S. M. Darmawati, "Heat Transfer Lab Kit using Temperature Sensor based Arduino TM for Educational Purpose," *Procedia Engineering*, vol. 170, pp. 536-540, 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.03.085.
- [8] S. P. Nalavade, A. D. Patange, C. L. Prabhune, S. S. Mulik, and M. S. Shewale, "Development of 12 Channel Temperature Acquisition System for Heat Exchanger Using MAX6675 and Arduino Interface," in *Innovative Design, Analysis and Development Practices in Aerospace and Automotive Engineering (I-DAD 2018)*, (Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2019, ch. Chapter 13, pp. 119-125.
- [9] R. Efendi *et al.*, "Alat Monitoring Suhu Berbiaya Rendah Berbasis Arduino Mega 2560 dengan Menggunakan Sensor Adafruit MAX31856," *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*, vol. 9, no. 1, pp. 261-266, 2023.
- [10] Darjat, A. Ayub, Sudjadi, and A. Harum, "Design of Multisensor Data Acquisition System (Oxygen, Hydrogen, Temperature, and Pressure Through Android-Based Website," in *Proc. of 2020 7th Int. Conf. on Information Tech., Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE)*, 2019.
- [11] I. Roihan and R. A. Koestoer, "Data logger multichannel based on Arduino Uno applied in thermal measurement of solar still Carocell L3000," in *The 2nd International Conference on Physical Instrumentation and Advanced Materials 2019*, 2020, pp. 030002-1–030002-7, doi: <https://doi.org/10.1063/5.0034930>. [Online]. Available: <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/5.0034930>
- [12] S. Prasitpong, W. Phayphung, and S. Rakkapao, "Investigate the physics of instant noodles in a hot cup using Arduino temperature sensors," in *Physics Education*, 2023, vol. 58: IOP Publishing Ltd, p. 025005, doi: 10.1088/1361-6552/aca863.
- [13] K. T. Nabila, T. Akter, M. Hossain, M. H. Rahman, and R. Alam, "Multi-probe Thermocouple Transducer For Simultaneous Temperature Measurement," in *2019 IEEE 5th International Conference for Convergence in Technology (I2CT)*, 29-31 March 2019 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/I2CT45611.2019.9033632.
- [14] A. Riantono, B. Teguh, and R. A. Koestoer, "Kalibrasi Sensor Temperatur Termokopel Tipe K dan DS18B20 Pada Temperatur Es Mencair dan Air Mendidih Sistem Dengan Akuisisi Data (DAQ) Berbasis Arduino " in *Prosiding SNTTM XVIII KE-19*, 9-10 Oktober 2019, pp. 1-6.
- [15] R. Septiana, I. Roihan, and R. A. Koestoer, "Testing a Calibration Method for Temperature Sensors in Different Working Fluids," *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, vol. 68, no. 2, pp. 84-93, 2020, doi: 10.37934/arfmts.68.2.8493.