

Contents list available at [Sinta](https://sinta)

A R M A T U R

: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>

Rancang bangun *thermocouple data logger multichannel* berbasis Arduino Mega 2560

Joni^{1*}, Rustam Efendi²¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Cenderawasih, Kampus Baru Uncen Waena, Jl. Kamp Wolker, Yabansai, Heram, Kota Jayapura, Papua²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Tenggara, Jl. Kapten Piere Tendean No. 109, Baruga, Kendari

A R T I C L E I N F O

Keywords:
Amplifier thermocouple
Adafruit MAX31856
Microcontroller
Temperature

A B S T R A C T

Measuring temperature using a data logger is a suitable choice for temperature measurements of an object. The availability of Arduino as a microcontroller has become a preference for developments, especially in temperature measurement devices. Thermocouples can be used to measure temperature, but they cannot be connected directly to the Arduino because they require a thermocouple signal amplifier to read the temperature measured by the thermocouple. One of amplifier thermocouple that has good accuracy is the Adafruit MAX31856. This research aims to design a low-cost temperature data logger. The method used in this research is the design and build method. The results of this research show that the temperature data logger works well. This is indicated by the close correlation of the measurement results from each sensor. This applies to measurements of heated water as well as water taken from the dispenser.

Pendahuluan

Pengukuran suhu berbasis data logger dapat memudahkan dalam proses pengukuran suhu dan tingkat validasi yang didapatkan pun juga lebih baik. Arduino merupakan mikrokontroler *open-source* yang dapat digunakan dan dikembangkan oleh siapa pun. Berbagai sensor pun dapat

dihubungkan ke Arduino. Akurasi sensor adalah salah satu pertimbangan dalam merancang sebuah sistem *data logger*. Salah satu sensor yang dapat digunakan untuk mengukur suhu adalah termokopel. Hanya saja penggunaan termokopel tidak bisa secara langsung dihubungkan ke

*Corresponding author: me.uncen@gmail.com

DOI: <https://10.24127/armatur.v5i1.4294>

Received 09 Agustus 2023; Received in revised form 19 Maret 2024 ; Accepted 19 Maret 2024

Available online 22 March 2024

Arduino. Akan tetapi membutuhkan perangkat tambahan yang disebut dengan penguat sinyal termokopel (*thermocouple amplifier*). Penguat sinyal termokopel yang memiliki kualitas baik adalah Adafruit MAX31856 (Universal) yang dapat menggunakan berbagai tipe termokopel [1]. Penggunaan penguat sinyal Adafruit MAX31856 yang terhubung dengan termokopel tipe K untuk pengukuran suhu *inlet* dan *outlet* pada *coolant* [2]. Padfield, et al. [3] menggunakan penguat sinyal Adafruit MAX31856 (termokopel tipe K) untuk mengukur papan lukisan dengan rentang suhu 15-32°C. Moyon, et al. [4] mengukur suhu California mussels (*Mytilus californianus*) selama 8 minggu menggunakan termokopel tipe K terhubung penguat sinyal termokopel Adafruit MAX31856 dengan mikrokontroler Arduino UNO untuk melihat stress panas yang didapatkan pada perendaman konstan.

Kalibrasi tiga tipe termokopel (J, K, dan T) dilakukan oleh Guerrero Quezada and Arias Pozo [5] pada tungku 3 tahap dengan menggunakan penguat sinyal Adafruit MAX31856 sebagai modulnya. Suhu *ground* diukur dengan tingkat kedalaman bervariasi (1-9 m) menggunakan termokopel tipe T terhubung penguat sinyal MAX31856 memperlihatkan bahwa setiap kedalaman memiliki suhu yang berbeda-beda dan juga menunjukkan kinerja yang stabil selama proses pengukuran berlangsung [6]. *Drying block* didesain oleh González [7] dengan pengukur suhu menggunakan termokopel tipe K terhubung dengan penguat sinyal Adafruit MAX31856. Hal tersebut dilakukan dengan pertimbangan biaya, pertimbangan dengan mendesain *drying block* sendiri menjadikan biaya 10 kali lebih rendah dari harga di pasaran. Pengukuran suhu *Atmospheric Pressure Chemical Vapor Deposition* (APCVD) yang dilakukan oleh Chen [8] suhu diukur

hingga 600°C menggunakan termokopel tipe N terhubung penguat sinyal Adafruit MAX31856. Fetene [9] mengontrol suhu gas menggunakan termokopel tipe K penguat sinyal termokopel Adafruit MAX31856 dengan set-point 200°C. Penelitian terkait dampak perlakuan panas pada paduan baja karbon dilakukan oleh Fan, et al. [10], suhu diukur menggunakan termokopel tipe K terhubung penguat sinyal termokopel Adafruit MAX31856 (suhu tempering 400°C hingga 700°C). Pengembangan alat wireless untuk mengukur suhu pada industri otomotif dilakukan oleh Holck and Hornborg [11], termokopel tipe K terhubung penguat sinyal Adafruit MAX31856. Rata-rata eror yang didapatkan adalah di bawah 1 dengan nilai tertinggi 0,88. Desain data akuisisi dilakukan oleh Purivatra [12], salah satu sensor yang digunakan adalah termokopel terhubung penguat sinyal Adafruit MAX31856 untuk mengukur suhu minyak. Pengukuran suhu kanyon dengan menggunakan sensor termokopel tipe T terhubung penguat sinyal Adafruit MAX31856 dilakukan oleh Aliabadi, et al. [13]. Termokopel tipe T terhubung penguat sinyal Adafruit MAX31856 juga digunakan oleh Tregnago [14] pada penelitian pindah panas nanofluid. Pengukuran suhu permukaan blok PCR diukur dengan menggunakan termokopel tipe T terhubung penguat sinyal Adafruit MAX31856 (mikrokontroler Arduino) terekam per 100 ms [15]. Suhu pemanas *radiochemistry* diukur menggunakan termokopel dengan sinyal penguat Adafruit MAX31856 [16]. Penelitian mengenai *microfluid chip carrier*, suhunya diukur menggunakan termokopel tipe K terhubung penguat sinyal Adafruit MAX31856 [17]. Tomanek and Stutts [18] melakukan penelitian mengenai *wind tunnel*, suhu diukur menggunakan termokopel tipe T yang dihubungkan dengan penguat sinyal

Adafruit MAX31856. Beberapa penelitian penggunaan mikrokontroler ESP-32 berbasis IoT dan Arduino UNO sebagai *data logger* juga digunakan untuk memonitoring produksi listrik dari *microbial fuel cell* (MFC) [19-21]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengukuran produksi listrik dari MFC dapat dipantau secara *real time*. Berdasarkan pada penelitian terdahulu, maka penelitian yang dilakukan adalah pengembangan *data logger* pengukur suhu berbasis Arduino menggunakan modul Adafruit MAX31856 menjadi alternatif yang dapat diambil karena memiliki tingkat akurasi yang baik serta biaya yang rendah. Tujuan penelitian adalah merancang bangun *data logger* termokopel *multichannel* berbasis Arduino dengan menggunakan Adafruit MAX31856.

Metode Penelitian

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 2.1.0. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah satu buah Arduino Mega 2560 Italy, 10 buah sensor Adafruit MAX31856 (Universal termokopel) dilengkapi dengan termokopel tipe K, Adaptor USB V-Gen, *data logger shield* + Micro SD V-Gen 32GB, kabel jumper, dan box akrilik. Skema *data logger* dapat dilihat pada Gambar 1. Rancang bangun *thermocouple data logger multichannel* dirancang bangun berdasarkan Tabel 1-3. Di mana pada tiap pin sensor Adafruit MAX31856, LCD, dan *data logger shield* dihubungkan berdasarkan keterangan pada Tabel 1-3.

Tabel 1. Posisi pin untuk setiap sensor Adafruit MAX31856

Nama Channel	Pin Digital Arduino Mega
Adafruit MAX31856+Termokopel 1	CS = 2
	SDI = 3
	SDO = 4
	SCK = 5
Adafruit MAX31856+Termokopel 2	CS = 6
	SDI = 7
	SDO = 8
Adafruit MAX31856+Termokopel 3	SCK = 9
	CS = 19
	SDI = 18
Adafruit MAX31856+Termokopel 4	SDO = 17
	SCK = 16
	CS = 22
Adafruit MAX31856+Termokopel 5	SDI = 24
	SDO = 26
	SCK = 28
Adafruit MAX31856+Termokopel 6	CS = 30
	SDI = 32
	SDO = 34
Adafruit MAX31856+Termokopel 7	SCK = 36
	CS = 38
	SDI = 40
Adafruit MAX31856+Termokopel 8	SDO = 42
	SCK = 44
	CS = 46
Adafruit MAX31856+Termokopel 9	SDI = 48
	SDO = 49
	SCK = 47
Adafruit MAX31856+Termokopel 8	CS = 45
	SDI = 43
	SDO = 41
Adafruit MAX31856+Termokopel 9	SCK = 39
	CS = 37
	SDI = 35

Adafruit MAX31856+Termokopel 10

SDO = 33
 SCK = 31
 CS = 29
 SDI = 27
 SDO = 25
 SCK = 23

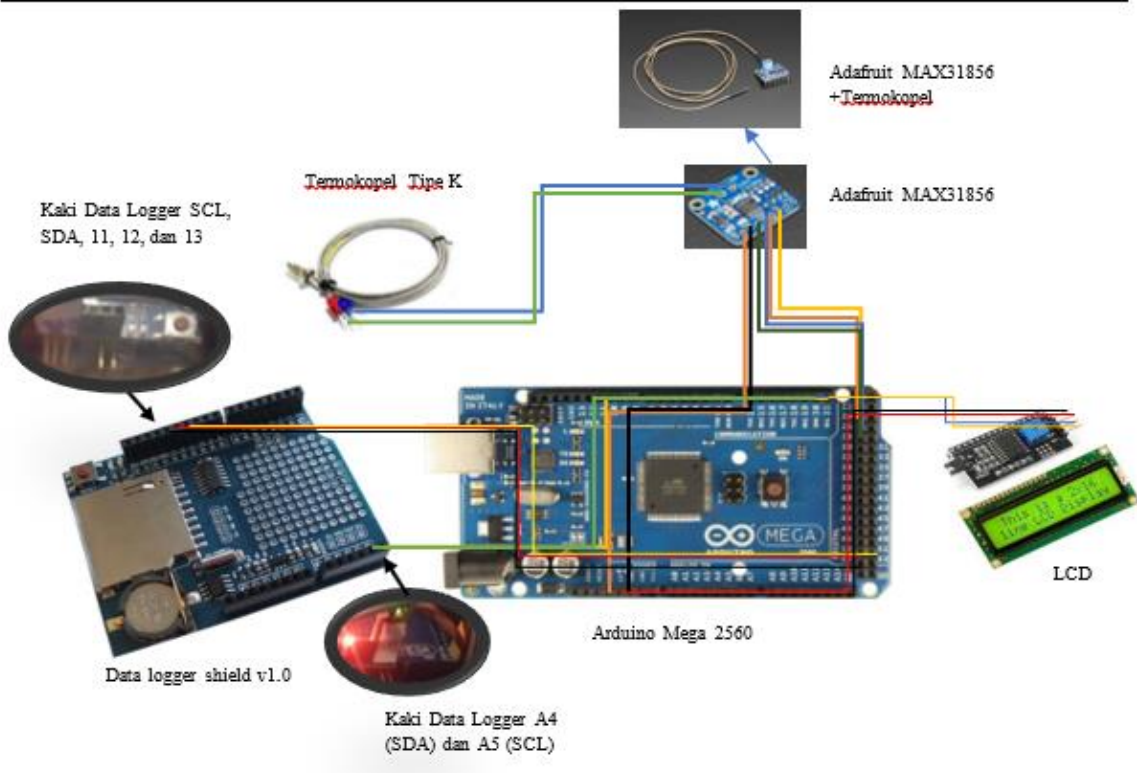
*VCC (+) dihubungkan ke pin 3,3 V, GND dihubungkan ke pin GND

Tabel 2. Pin LCD ke Arduino Mega

Nama Alat	Pin Digital Arduino Mega
LCD Crystal	GND = GND
	VCC = 5 V
	SDA = SDA
	SCL = SCL

Tabel 3. Pin Data logger Shield ke Arduino Mega

Nama Alat	Pin Digital Arduino Mega
Data logger shield v1.0	Pin 11 = 51
	Pin 12 = 52
	Pin 13 = 53
	A4 = SDA
	A5 = SCL



Gambar 1. Skema data logger

Hasil dan Pembahasan

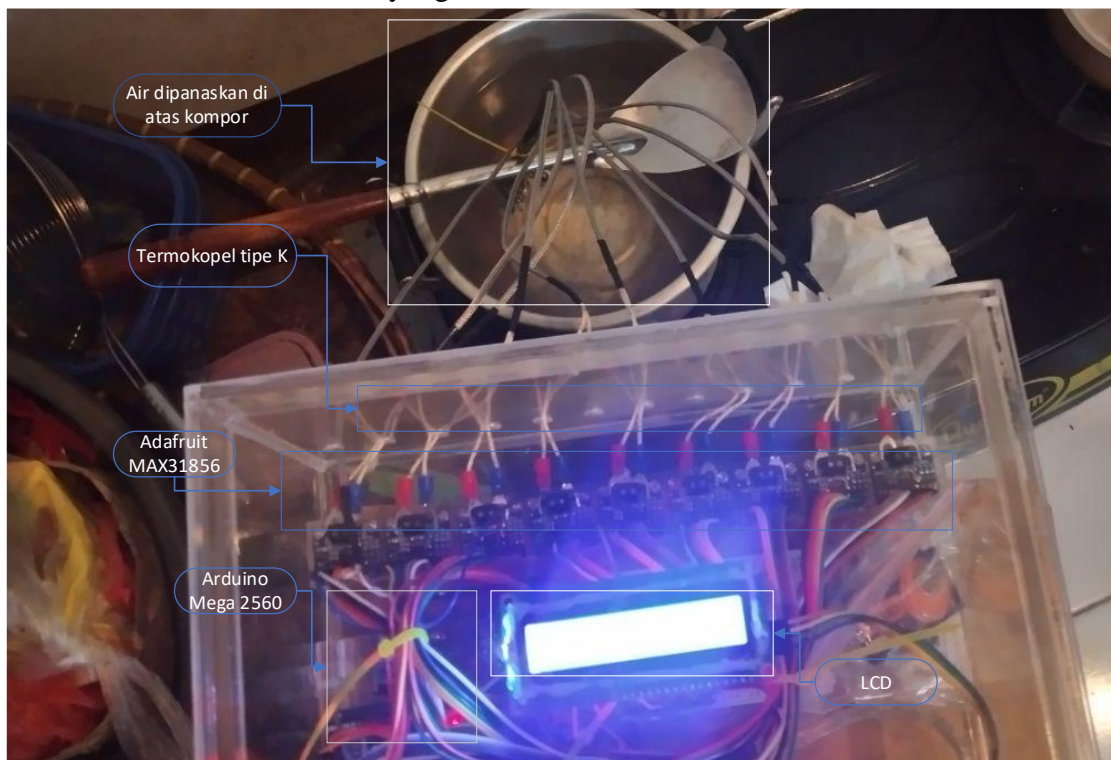
Telah dirancang bangun *thermocouple data logger* dengan jumlah 10 *channel* (Gambar 2) menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 Italy dengan penguat sinyal Adafruit MAX31856 sebagai modul termokopel.

Termokopel yang digunakan pada penelitian ini adalah termokopel tipe K. Pengujian kinerja *data logger* dengan memanaskan air di atas kompor gas dan dilakukan pengukuran suhu air dengan memasukan ujung termokopel ke dalam panci berisi air. Pengujian lain juga

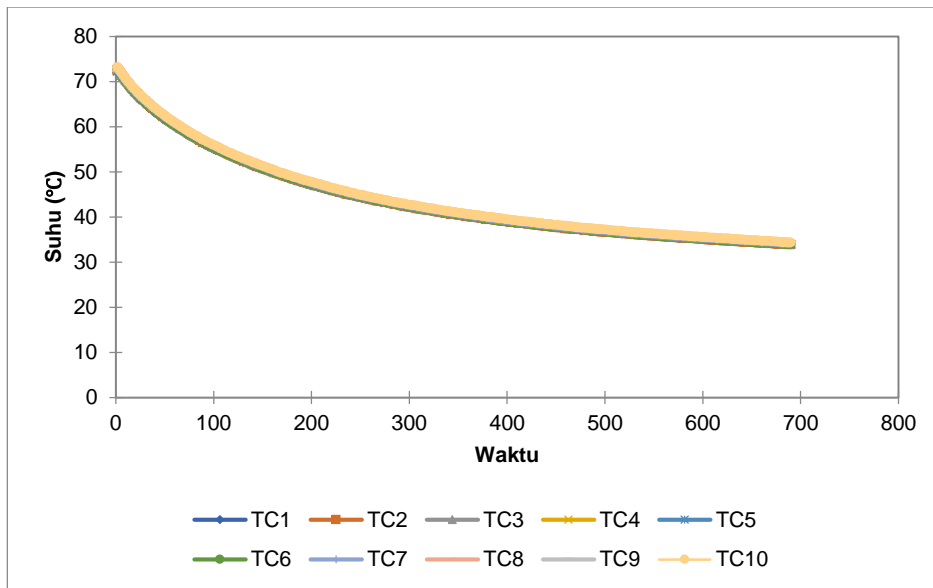
dilakukan dengan menggunakan air panas yang diambil dari dispenser, lalu dimasukkan ke dalam gelas dan dilakukan pengukuran dengan memasukkan ujung masing-masing termokopel. Kedua pengukuran tersebut disajikan pada Gambar 3. Terlihat bahwa hasil pengukuran dari masing-masing termokopel memiliki trend data yang berimpit sehingga data logger ini dinyatakan dapat digunakan dalam kegiatan praktikum maupun penelitian pindah panas. Di sisi lain juga memperlihatkan bahwa penurunan maupun kenaikan suhu menunjukkan kinerja data logger dalam pengukuran suhu, di mana ketika pemanasan air dilakukan maka suhu yang terbaca mengalami kenaikan seiring dengan energi panas yang diberikan. Hal sebaliknya pun terjadi pada suhu air yang mula-mula diukur dengan posisi panas juga menunjukkan penurunan suhu terekam atau terbaca seiring dengan penurunan suhu air. Sebagaimana yang dinyatakan oleh Efendi, et al. [22] bahwa penggunaan termokopel tipe K terhubung penguat sinyal Adafruit MAX31856 memiliki kestabilan yang baik

dalam pengukuran suhu. Penelitian pengembangan dan pengaplikasian monitoring intelejen secara *remote*, mengukur suhu dengan menggunakan termokopel tipe K terhubung sinyal penguat termokopel Adafruit MAX31856 oleh Kuo and Chen [2] dinyatakan dapat memonitoring secara *remote*.

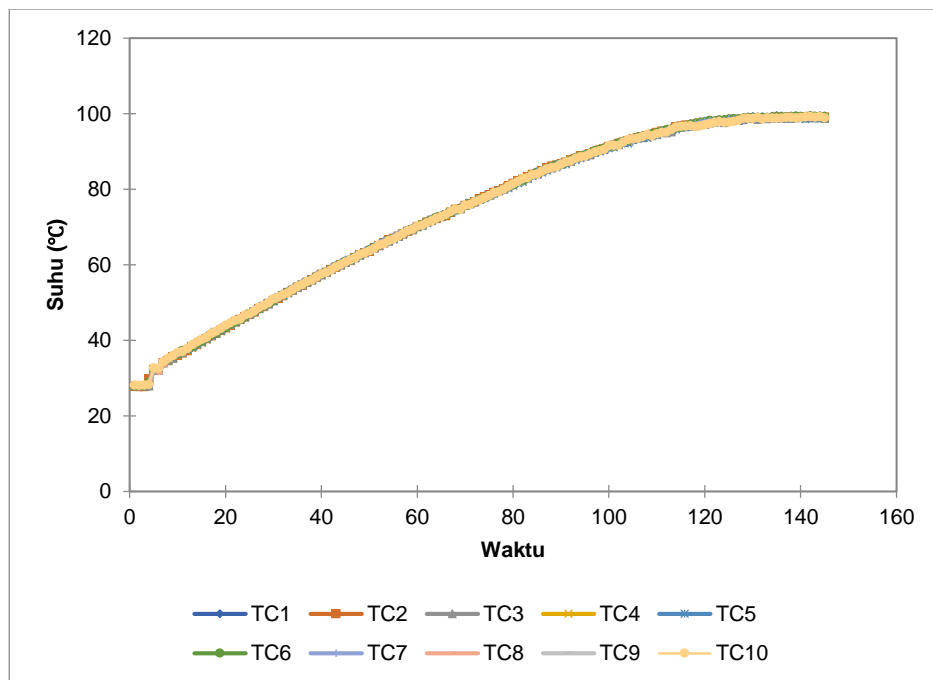
Hasil pengukuran *data logger* juga dilakukan analisis statistik untuk melihat masing-masing termokopel. Analisis statistik yang digunakan adalah uji keseragaman (ANOVA) dan uji lanjut Tukey dan Duncan (Tabel 4 dan Tabel 5). Analisis uji ANOVA (0.998) menunjukkan bahwa nilai *p-value* >0.05 , maka dinyatakan tidak berbeda nyata. Begitu pun pada uji Tukey (signifikansi 0.994) dan Duncan (signifikansi 0.435) menunjukkan bahwa tidak berbeda nyata di antara hasil pengukuran termokopel dan sensor Adafruit MAX31856 dapat dinyatakan sebagai sensor yang stabil dan baik dapat pengukuran suhu.



Gambar 2. *Thermocouple data logger multichannel*



a.



b.

Gambar 3. Pengukuran suhu air: a. Peningkatan suhu air (pemanasan air) b. Penurunan suhu air

Biaya konstruksi *thermocouple data logger multichannel*

Biaya konstruksi *thermocouple data logger* disajikan pada Tabel 4. Total biaya yang digunakan adalah sebesar Rp 6,328,000. Bila dilakukan perbandingan dengan data logger komersial, maka data logger hasil rancang bangun ini jauh lebih terjangkau dibandingkan dengan komersial. Data logger ini juga memiliki

keunggulan karena penguat sinyal yang digunakan dapat terhubung dengan berbagai tipe termokopel. Keterjangkauan data logger ini juga ditunjukkan dengan ketersediaan satu rol termokopel tipe K dengan panjang 100 meter. Selain itu data logger ini juga telah menyerupai secara fungsional seperti data logger komersial karena telah tersedia display dan penyimpanan data (*Micro SD Card*) dengan

kapasitas cukup besar yakni 32GB (V-Gen). Sehingga tidak dibutuhkan lagi koneksi ke komputer untuk *display* dan penyimpanan data. Data suhu yang terekam

pun telah bersifat *real time* karena adanya perangkat *real time clock* (RTC) yang terpasang.

Tabel 4. Biaya konstruksi

No	Bahan	Jumlah Unit	Harga per Unit	Total Harga
1	Adafruit MAX31856	10	330,000	3,300,000
2	Arduino Mega Italy	1	650,000	650,000
3	Kabel Jumper	1	33,000	33,000
4	Box	1	300,000	300,000
5	Micro SD V-Gen 32 GB	1	80,000	80,000
6	Data Logger Shield 1.0	1	50,000	50,000
7	Kabel USB	1	25,000	25,000
8	Anker Power bank 10000mAh	1	150,000	150,000
9	Termokopel Tipe K	1	1,400,000	1,400,000
10	Adaptor	1	70,000	70,000
11	LCD Crystal 16x12	1	35,000	35,000
12	Baut M2	1	160,000	160,000
13	Mur M2	1	160,000	160,000
14	Baterai	3	25,000	75000
Total Biaya			Rp 6,328,000	

Kesimpulan

Kesimpulan dari makalah penelitian adalah telah berhasil dilakukan rancang bangun *thermocouple data logger* berbasis Arduino dengan pembacaan yang stabil dan data dapat terekam ke micro-SD. Hasil uji stastik pun dinyatakan tidak beda nyata di antara termokopel di mana penguat sinyal Adafruit MAX31856 digunakan sebagai modul pada penelitian ini. Di samping itu, penelitian ini juga telah berhasil dilakukan pengembangan data logger yang terjangkau atau *low-cost* yang mampu bekerja secara *real time* yang dilengkapi *display* dan penyimpanan data (Micro SD) tanpa perlu terhubung lagi ke komputer.

Daftar Pustaka

- [1] L. Ada. "Adafruit Universal Thermocouple Amplifier MAX31856 Breakout." <https://www.adafruit.com/product/3263> (accessed 20 Juli, 2023).
- [2] C.-C. Kuo and W.-J. Chen, "Development and application of intelligent monitoring system for rapid tooling applied in low-

pressure injection molding," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 111, no. 11-12, pp. 3453-3467, 2020, doi: 10.1007/s00170-020-06345-z.

- [3] T. Padfield *et al.*, "Back protection of canvas paintings," *Heritage Science*, vol. 8, no. 1, p. 96, 2020/10/01 2020, doi: 10.1186/s40494-020-00435-7.
- [4] N. E. Moyen, G. N. Somero, and M. W. Denny, "Mussel acclimatization to high, variable temperatures is lost slowly upon transfer to benign conditions," *Journal of Experimental Biology*, vol. 223, no. 13, 2020, doi: 10.1242/jeb.222893.
- [5] G. I. Guerrero Quezada and P. A. Arias Pozo, "Diseño y construcción de un banco didáctico de instrumentación para la calibración de los termopares tipo J, K & T, y control de un horno de tres etapas," Ingeniero Mecánico Thesis Bachelor, Carrera Mecánica, Escuela Superior Politécnica De

- Chimborazo, Riobamba – Ecuador, 2021.
- [6] M. N. F. Alfata and A. Nurjannah, "Field measurement of ground temperatures in Bandung: devices and the results of measurement," in *E3S Web of Conferences*, 2020, vol. 200: EDP Sciences, p. 02009.
- [7] J. C. R. González, "Diseño y fabricación de bloque seco para verificación y calibración de instrumentos de medición de temperatura," Ingeniería Electrónica Thesis Bachelor, Escuela De Ciencias Básicas, Tecnologías e Ingenierías, Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD Ibagué – Colombia, 2020.
- [8] X. Chen, "Single-step, Atmospheric Pressure Chemical Vapor Deposition of Methylammonium Bismuth Iodide Thin Films," Master of Science, School of Engineering and Applied Science Department of Mechanical Engineering and Materials Science Washington University, Saint Louis, Missouri, 2017.
- [9] H. A. Fetene, "Automated arduino based temperature control and resistance change reading system for gas sensors," Master of Science, Computer Engineering Clemson University, 2017.
- [10] W. Fan, S. Furman, D. Scheid, and D. Tengdin, "Impact of Heat-Treatment on Carbon Steel Alloys: A study on the microstructure and mechanical properties of heat-treated steel," Degree of Bachelor of Science Report of Bachelor, Worcester Polytechnic Institute, 2022.
- [11] V. Holck and C. Hornborg, "Development of a wireless device for temperature measurements in the automotive industry," Master Master Thesis, Department of Product and Production Development, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, 2017.
- [12] T. Purivatra, "Modelling and Experimental Validation of a Sponge Filter in a Column System," Master of Applied Science, Graduate Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Toronto, Canada, 2021.
- [13] A. A. Aliabadi, M. Moradi, D. Clement, W. D. Lubitz, and B. Gharabaghi, "Flow and temperature dynamics in an urban canyon under a comprehensive set of wind directions, wind speeds, and thermal stability conditions," *Environmental Fluid Mechanics*, vol. 19, no. 1, pp. 81-109, 2019/02/01 2019, doi: 10.1007/s10652-018-9606-8.
- [14] C. L. Tregnago, "Boiling Heat Transfer with Nanofluids: An Experimental Study," Master of Science, Master of Science in Energy, Flow and Process Technology, Delft University of Technology, 2022.
- [15] T. R. Sorrells, A. Pandey, A. Rosas-Villegas, and L. B. Vossall, "A persistent behavioral state enables sustained predation of humans by mosquitoes," *eLife*, vol. 11, p. e76663, 2022/05/12 2022, doi: 10.7554/eLife.76663.
- [16] J. Jones, V. Do, Y. Lu, and R. M. van Dam, "Accelerating radiochemistry development: Automated robotic platform for performing up to 64 droplet radiochemical reactions in a morning," *Chemical Engineering Journal*, vol. 468, p. 143524, 2023/07/15/ 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.143524>.
- [17] F. Cantoni, G. Werr, L. Barbe, A. M. Porras, and M. Tenje, "A microfluidic chip carrier including

- temperature control and perfusion system for long-term cell imaging," *HardwareX*, vol. 10, p. e00245, 2021/10/01/ 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ohx.2021.e00245>.
- [18] L. B. Tomanek and D. S. Stutts, "Material thermal properties estimation via a one-dimensional transient convection model " *Applied Thermal Engineering*, p. 184, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.116362>.
- [19] Y. A. Indriyani, I. Rusmana, S. Anwar, G. Djajakirana, and D. A. Santosa, "Harvesting Bioelectricity from Microbial Fuel Cells (MFCs) Powered by Electroactive Microbes," *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, vol. 12, no. 3, pp. 583-596, 2023, doi: <http://dx.doi.org/10.23960/jtep-l.v12i3.583-596>.
- [20] Y. A. Indriyani *et al.*, "Affordable ESP32-based monitoring system for microbial fuel cells: real-time analysis and performance evaluation (ESP32-based data logger as a monitoring system for microbial fuel cell)," *International Journal of Energy and Water Resources*, 2023/09/19 2023, doi: 10.1007/s42108-023-00255-y.
- [21] Y. A. Indriyani, E. Rustami, I. Rusmana, S. Anwar, G. Djajakirana, and D. A. Santosa, "Bioelectricity production of microbial fuel cells (MFCs) and the simultaneous monitoring using developed multi-channels Arduino UNO-based data logging system," *Journal of Applied Electrochemistry*, 2023/09/26 2023, doi: 10.1007/s10800-023-01989-7.
- [22] R. Efendi *et al.*, "Alat Monitoring Suhu Berbiaya Rendah Berbasis Arduino Mega 2560 dengan Menggunakan Sensor Adafruit MAX31856," *Jurnal Mekanova*: