

Pengembangan data logger berbasis mikrokontroler untuk praktikum pindah panas

Rustam Efendi, Arjal Tando, Herlina

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Tenggara
Jl. Kapten Pierre Tendean, No. 109 A, Baruga, Kendari, Sulawesi Tenggara 93121
Email korespondensi: rustamefendi032@gmail.com

Abstrak

Pengembangan data logger berbasis Arduino Mega 2560 menggunakan penguat sinyal Adafruit AD8495 (terhubung dengan termokopel tipe K) merupakan upaya untuk menciptakan alat pemantauan suhu yang efektif dan terjangkau. Sensor ini digunakan dalam berbagai pengujian yang melibatkan pengukuran suhu di atas dan di bawah 0°C. Kajian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan data logger yang mampu mengambil data suhu dengan akurasi tinggi menggunakan penguat sinyal Adafruit AD8495 yang terhubung dengan sensor termokopel tipe K, mengonversi nilai tegangan menjadi suhu yang dapat dibaca, dan menyimpan data dalam format yang mudah dianalisis. Data logger ini dilengkapi dengan kemampuan penyimpanan data suhu pada kartu SD, sehingga memungkinkan pemantauan dalam jangka waktu yang lebih lama tanpa harus terus terhubung ke perangkat pemantauan. Metode pengujian melibatkan penggunaan Arduino Mega 2560, lima buah penguat sinyal Adafruit AD8495 (terhubung dengan termokopel tipe K), data logger shield, dan komponen pendukung lainnya. Kode program dibuat menggunakan Arduino IDE untuk mengoperasikan data logger suhu. Hasil pengujian ini adalah prototipe data logger suhu yang dapat digunakan untuk berbagai aplikasi praktikum dan pengujian di bidang suhu, terutama di Laboratorium Teknik Mesin. Dengan biaya yang terjangkau, alat ini dapat memberikan data suhu secara real time dengan akurasi yang tinggi, menjadikannya alat yang dapat diandalkan untuk berbagai keperluan. Data logger ini memiliki potensi besar untuk digunakan dalam pemantauan suhu dalam berbagai aplikasi, dari pengujian pindah panas hingga pengendalian industri.

Kata kunci: akurasi tinggi, aktual, suhu, termokopel.

Abstract

The development of an Arduino Mega 2560-based data logger using the Adafruit AD8495 signal amplifier (connected to a type K thermocouple) is an effort to create an effective and affordable temperature monitoring tool. These sensors are used in various studies involving temperature measurements above and below 0°C. The project aims to design and implement a data logger capable of retrieving temperature data with high accuracy using an Adafruit AD8495 signal amplifier connected to a K-type thermocouple sensor, converting voltage values into readable temperatures, and storing the data in an easy-to-analyze format. This data logger is equipped with the ability to store temperature data on the SD card, allowing monitoring for a longer period of time without having to be continuously connected to a monitoring device. The research method involved the use of Arduino Mega 2560, five pieces of Adafruit AD8495 signal amplifier (connected to type K thermocouple), data logger shield, and other supporting components. The program code is created using the Arduino IDE to operate the temperature data logger. The result of this research is a prototype of a temperature data logger that can be used for various practicum applications and research in the field of temperature, especially in the Mechanical Engineering Laboratory. At an affordable cost, it can provide real-time temperature data with high accuracy, making it a reliable tool for a wide range of purposes. These data loggers have great potential to be used in temperature monitoring in a wide range of applications, from heat transfer research to industrial control.

Keywords: high accuracy, real time, temperature, thermocouple.

1. Pendahuluan

Pengukuran suhu adalah parameter penting dalam berbagai aplikasi, mulai dari pemantauan lingkungan, pengendalian industri, hingga riset ilmiah. Jurusan Teknik Mesin khususnya pemantauan suhu dalam proses praktikum pindah panas maupun pengujian yang berkaitan dengan pindah panas sangat dibutuhkan alat instrumentasi yang mampu mengumpulkan data secara *real time*. Mikrokontroler yang dapat digunakan dengan harga yang terjangkau dan bersifat *open-source* serta dapat dihubungkan

dengan berbagai sensor yakni Arduino. Penggunaan Arduino telah banyak dilakukan dalam berbagai riset di dunia ini, selain karena harga yang terjangkau dan *open-source*, Arduino dapat dengan mudah ditemukan di pasaran. Termokopel tipe K digunakan terhubung dengan penguat sinyal Adafruit AD8495 untuk menguji *flow boiling*, dihubungkan menggunakan DAQ National Instrument dengan *software Lab View* sebagai *user interface* untuk mendapatkan data secara *real time* [1]. Adapun suhu yang diukur berada di bawah 100°C. *Dry ice carrier*

untuk membawa sampel yang bersifat *cryogenic* dengan suhu di bawah -60°C selama 19 jam berhasil didesain dan alat ukur suhu yang digunakan berbasis data *logger* Arduino UNO dengan menggunakan termokopel tipe K terhubung penguat sinyal Adafruit AD8495 [2]. Suhu bagian *welding overlap* diukur menggunakan termokopel tipe K, sinyal penguat yang digunakan untuk membaca suhu pengukuran adalah Adafruit AD8495 [3]. Hasil pengukuran menunjukkan kinerja proses pengelasan, suhu yang diukur mencapai $680 \pm 45^{\circ}\text{C}$. Pengelasan menggunakan *rounded sonotrode* pada material komposit termoplastik dilakukan, hasil pengujian menunjukkan bahwa memungkinkan untuk terus-menerus mengelas panel komposit termoplastik dengan *rounded sonotrode* dan pengelasan berkualitas tinggi dapat diperoleh dari proses tersebut [4]. Suhu pengelasan diukur menggunakan termokopel tipe K terhubung dengan penguat sinyal Adafruit AD8495 untuk membaca hasil pengukuran. Perbedaan dan kesamaan pengelasan ultrasonik statis dan kontinu pada komposit termoplastik telah diteliti, hasil kajian memperlihatkan kedua metode tersebut menunjukkan bahwa dalam proses kontinu, jumlah area yang tidak terkena las di bawah *sonotrode* tetap konstan, sedangkan dalam proses statis, jumlah area yang tidak terkena pengelasan secara bertahap berkurang menjadi nol [5]. Suhu pada pengujian ini juga diukur menggunakan termokopel tipe K terhubung penguat sinyal Adafruit AD8495. Kajian mengenai proses gerinda (mata intan) pada Aluminium RSA6061 telah dilakukan, sebaran suhu diukur menggunakan termokopel tipe K dengan penguat sinyal Adafruit AD8495 [6]. Termokopel tipe K terhubung penguat sinyal Adafruit AD8495 untuk mengukur suhu kritis telah digunakan sebelumnya, dalam pengujian ini juga dilakukan tentang trik menghindari suhu pengukuran yang tidak sesuai dengan realitas pada berbagai prototipe [7]. Prototipe elektrofilter untuk pembangkit listrik dan pengurangan emisi dari cerobong asap telah didesain dan dibuat, hasil kajian memperlihatkan bahwa jumlah emisi dapat dikurangi dengan meningkatkan luas permukaan elektroda [8]. Selain itu, listrik dapat dihasilkan dengan memanfaatkan panas limbah di dalam cerobong asap dengan peralatan elektronik yang sesuai, dan dapat digunakan untuk menghidupkan sistem saat diperlukan. Selain itu, prototipe ini dilengkapi dengan antarmuka pengguna dan fitur komunikasi nirkabel. Dengan demikian, sistem yang ramah lingkungan dan dapat diamati secara *remote* telah berhasil dikembangkan. Salah satu sensor yang digunakan dalam pengujian ini adalah termokopel tipe K terhubung penguat sinyal Adafruit AD8495 untuk mengukur suhu. Tiga termokopel tipe K dihubungkan dengan penguat sinyal Adafruit AD8495, terekam menggunakan *Lab View* dan *National Instrument* (NI) USB6009 sebagai alat data akuisisi, presisi pengukuran sebesar $\pm 2^{\circ}\text{C}$ [9]. Pengembangan instrumentasi untuk pengujian

rem telah dilakukan, suhu diukur menggunakan termokopel tipe K, di mana Adafruit AD8495 sebagai penguat sinyal untuk pembacaan suhu [10]. Secara spesifikasi standar eror $\pm 2\%$, hasil pengujian menunjukkan bahwa pada *channel* pertama memiliki eror lebih tinggi 1% dan pada *channel* kedua hanya 0,27% lebih tinggi dari standar eror. Pengukuran suhu di bawah 0°C telah dilakukan menggunakan termokopel tipe K terhubung penguat sinyal Adafruit AD8495, pendinginan super sampai homogen pembekuan (sekitar -36°C) [11]. Berbagai kajian yang telah diuraikan di atas menunjukkan bahwa penggunaan penguat sinyal Adafruit AD8495 memiliki kemampuan yang baik dalam pembacaan suhu dari termokopel baik pada posisi di atas dan di bawah 0°C . Dalam rangka mengembangkan solusi pemantauan suhu yang efektif, proyek ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sebuah *data logger* berbasis Arduino Mega 2560 yang menggunakan penguat sinyal termokopel Adafruit AD8495. Penguat sinyal Adafruit AD8495 memanfaatkan prinsip perbedaan tegangan antara dua logam yang berbeda pada suhu yang berbeda untuk mengukur suhu dengan akurasi yang tinggi. Dalam proyek ini, kami akan merancang sebuah sistem yang mampu mengambil data suhu menggunakan termokopel tipe K yang terhubung dengan penguat sinyal Adafruit AD8495, mengkonversi nilai tegangan menjadi suhu yang dapat dibaca, dan menyimpan data tersebut dalam format yang mudah dianalisis. *Data logger* ini akan dilengkapi dengan kemampuan untuk menyimpan data suhu pada kartu SD, sehingga memungkinkan pengguna untuk melakukan pemantauan dalam jangka waktu yang lebih lama tanpa harus selalu terhubung ke perangkat pemantauan.

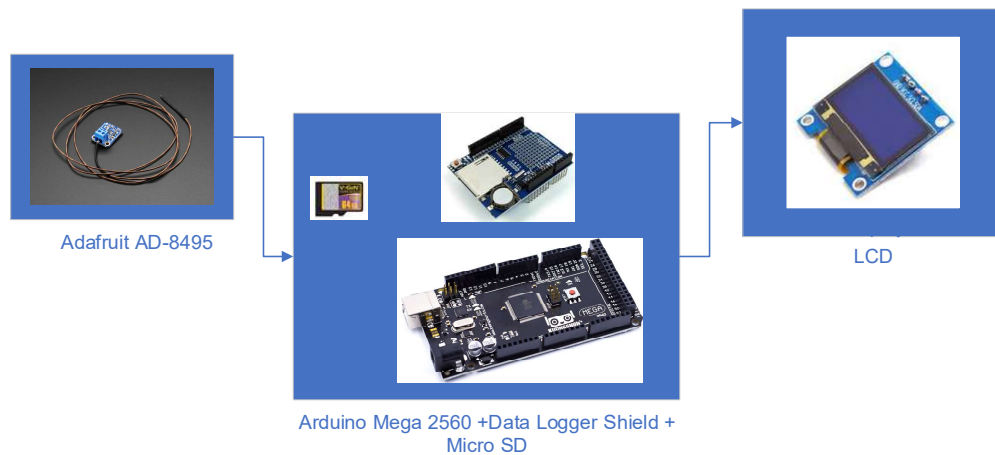
2. Metode

Pengujian ini menggunakan 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 pengujian ini adalah satu buah Arduino Mega 2560 (KUONGSHUN), lima buah penguat sinyal Adafruit AD8495 (terhubung dengan termokopel tipe K) Adaptor USB V-Gen 5V, *Data logger shield* dan Micro SD V-Gen 32GB, kabel jumper, LCD OLED 0.96 dan kotak panel. Skema *data logger* dapat dilihat pada Gambar 1.

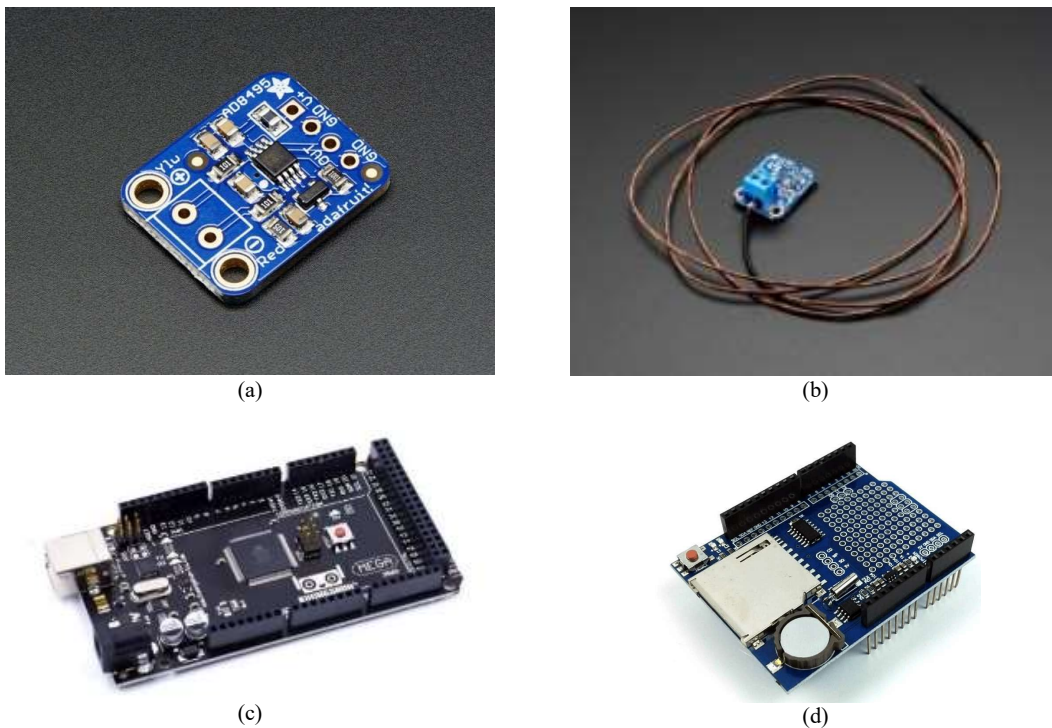
Perancangan

Data logger shield dipasang, di mana dibutuhkan modifikasi agar dapat terdeteksi pada saat Arduino dijalankan [12]. Adafruit AD8495 memiliki 4 pin (pin GND ke pin GND Arduino, OUT ke pin Analog (misalnya A1) Arduino, dan pin V+ ke pin V5). OLED 0.96 memiliki 4 pin, VCC, GND, SCL, dan SDA (keempat pin dihubungkan sesuai pin yang ada di Arduino Mega 2560, untuk VCC dihubungkan ke pin

V5 Arduino). Komponen utama disajikan pada Gambar 2.



Gambar 1. Skema data logger pengukur suhu.

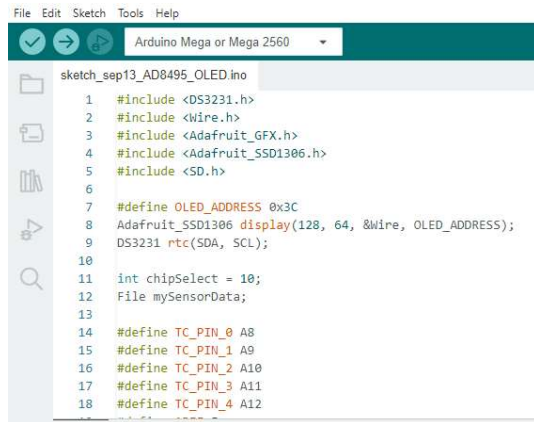


Gambar 2. Komponen utama data logger suhu (a) Adafruit AD8495, (b) Termokopel tipe K dan Adafruit AD8495, (c) Arduino Mega 2560, dan (d) Data Logger Shield V 1.0 [13,14,15].

Pembuatan Kode

Kode pemrograman dibuat menggunakan Arduino IDE (C++). Hal yang paling penting diperhatikan adalah memastikan semua *Library* yang dibutuhkan sudah terpasang agar pada saat verifikasi dan unduh program dapat berjalan tanpa kendala atau error, sehingga *data logger* suhu yang dirancang bangun dapat berjalan sesuai perintah kode. Kode asal (*default*) dapat diunduh melalui aplikasi Arduino IDE,

kode dapat dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan dalam pembuatan *data logger* suhu. Kode yang telah dimodifikasi untuk menjalankan *data logger* suhu dapat dilihat pada Gambar 3.

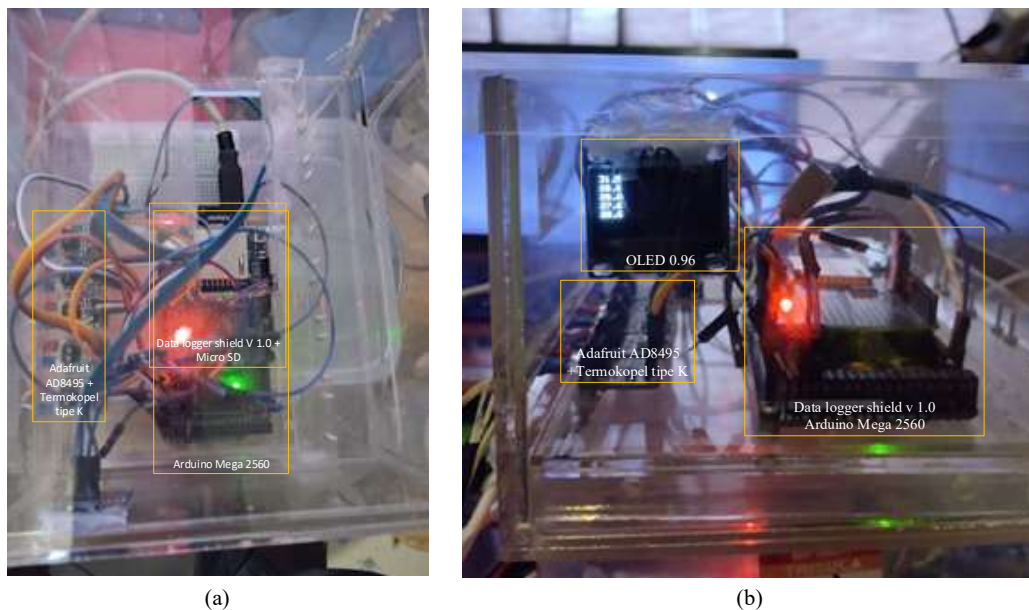


Gambar 3. Kode pemrograman pada Arduino IDE.

3. Hasil dan Pembahasan

Kajian ini telah menghasilkan berupa prototipe *data logger* suhu berbasis Arduino Mega 2560 dengan menggunakan penguat sinyal Adafruit AD8495 terhubung dengan termokopel tipe K yang mampu melakukan pengukuran suhu tinggi. Hasil rancang bangun disajikan pada Gambar 4, di mana prototipe ini terdiri dari Arduino Mega 2560 (KUONGSHUN), penguat sinyal Adafruit AD8495, OLED 0.96, *data logger shield* v 1.0, Micro SD VGen 32GB, Kabel USB sebagai media transfer kode ke Arduino maupun sebagai kabel *power* untuk menyalakan Arduino beserta komponen yang lain. Data pengukuran ditampilkan pada OLED 0.96, sehingga memungkinkan untuk dilihat atau dipantau setiap saat. *Data logger*

suhu ini dapat digunakan untuk berbagai keperluan praktikum yang berkaitan suhu maupun pengujian di Laboratorium Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Tenggara. Di sisi lain *data logger* ini juga dengan biaya yang terbilang terjangkau dengan kemampuan *real time* dapat diandalkan. Hasil perekaman data dari Micro SD dalam format *file* .txt, data pengukuran suhu diperlihatkan dari kolom pertama sebelah kiri hingga kolom kelima dan kolom keenam adalah waktu dalam kondisi *real time* serta *delay* yang digunakan antar sensor suhu sebesar 1 detik (ditunjukkan di Gambar 5). Rancang bangun data akuisisi *multichannel* menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan penguat sinyal Adafruit AD8495 digunakan untuk termokopel tipe K. Data akuisisi yang dirancang, digunakan untuk mengukur suhu knalpot mesin Scania DS 9 61 A 24 MIL [16]. Suhu yang terukur dari knalpot mencapai 248°C, suhu menurun seiring dengan berhentinya mesin bekerja dan diikuti oleh perpindahan suhu melalui knalpot. Hasil pengujian ini juga menghasilkan data akuisisi yang murah dibandingkan dengan komersial. Instrumentasi teknologi kontrol untuk memperkenalkan kepada mahasiswa mengenai aplikasi dari instrumentasi telah diperkenalkan sebelumnya, salah satu sensor yang digunakan adalah termokopel tipe K terhubung penguat sinyal Adafruit AD8495 [17]. Beberapa kajian yang berkaitan dengan penggunaan penguat sinyal Adafruit AD8495 untuk termokopel tipe K juga telah dilakukan untuk berbagai keperluan bidang penelitian [18-22].



Gambar 4. Data logger suhu hasil rancang bangun (a) tampak atas dan (b) tampak samping.

File	Edit	View
32.50	40.32	35.43 30.55 30.55 Wednesday 13.09.2023 12:30:42
32.50	42.28	38.37 30.55 34.46 Wednesday 13.09.2023 12:30:44
33.48	40.32	39.35 30.55 31.52 Wednesday 13.09.2023 12:30:45
33.48	42.28	39.35 31.52 31.52 Wednesday 13.09.2023 12:30:47
33.48	40.32	34.46 30.55 34.46 Wednesday 13.09.2023 12:30:49
32.50	40.32	34.46 30.55 34.46 Wednesday 13.09.2023 12:30:50
33.48	41.30	34.46 30.55 32.50 Wednesday 13.09.2023 12:30:52
33.48	41.30	35.43 31.52 31.52 Wednesday 13.09.2023 12:30:54
34.46	41.30	35.43 30.55 35.43 Wednesday 13.09.2023 12:30:55
37.39	40.32	34.46 29.57 30.55 Wednesday 13.09.2023 12:30:57
32.50	40.32	31.52 30.55 30.55 Wednesday 13.09.2023 12:30:59
32.50	40.32	34.46 30.55 30.55 Wednesday 13.09.2023 12:31:00
33.48	44.23	35.43 31.52 31.52 Wednesday 13.09.2023 12:31:02
32.50	40.32	34.46 30.55 30.55 Wednesday 13.09.2023 12:31:04
32.50	43.26	34.46 30.55 30.55 Wednesday 13.09.2023 12:31:05
33.48	41.30	39.35 30.55 30.55 Wednesday 13.09.2023 12:31:07
32.50	41.30	34.46 33.48 31.52 Wednesday 13.09.2023 12:31:09
32.50	40.32	38.37 30.55 30.55 Wednesday 13.09.2023 12:31:10
32.50	40.32	34.46 30.55 30.55 Wednesday 13.09.2023 12:31:12
32.50	40.32	34.46 30.55 29.57 Wednesday 13.09.2023 12:31:14
33.48	41.30	35.43 31.52 31.52 Wednesday 13.09.2023 12:31:15
32.50	40.32	34.46 30.55 31.52 Wednesday 13.09.2023 12:31:17
32.50	40.32	33.48 29.57 29.57 Wednesday 13.09.2023 12:31:19
33.48	40.32	35.43 30.55 35.43 Wednesday 13.09.2023 12:31:20
33.48	44.23	36.41 31.52 31.52 Wednesday 13.09.2023 12:31:22
35.43	40.32	34.46 30.55 30.55 Wednesday 13.09.2023 12:31:24
32.50	38.37	40.32 30.55 30.55 Wednesday 13.09.2023 12:31:25
32.50	40.32	37.39 30.55 30.55 Wednesday 13.09.2023 12:31:27
33.48	43.26	35.43 32.50 34.46 Wednesday 13.09.2023 12:31:29
32.50	41.30	34.46 30.55 30.55 Wednesday 13.09.2023 12:31:30
32.50	40.32	34.46 34.46 30.55 Wednesday 13.09.2023 12:31:32
33.48	40.32	34.46 30.55 30.55 Wednesday 13.09.2023 12:31:34
33.48	41.30	35.43 31.52 31.52 Wednesday 13.09.2023 12:31:35
32.50	40.32	34.46 30.55 30.55 Wednesday 13.09.2023 12:31:37
31.52	40.32	34.46 30.55 31.52 Wednesday 13.09.2023 12:31:39

Gambar 5. Hasil perekaman data dari Micro SD.

4. Kesimpulan

Pengujian ini berhasil mengembangkan sebuah prototipe *data logger* suhu berbasis Arduino Mega 2560 yang menggunakan sensor termokopel tipe K dengan penguat sinyal Adafruit AD8495.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sulawesi Tenggara yang terus mendukung kegiatan ini dan kami juga ucapkan kepada Dr. Yohanna Anisa Indriyani yang telah bersedia berdiskusi dalam pengembangan data logger ini.

Daftar Pustaka

- [1] Rosario IY, Mahardhika PAP, Pranoto I, editors. Pengembangan fasilitas eksperimen *pool* dan *flow boiling* untuk mempelajari performa dan fenomena *heat transfer* pada beragam fluida dan material. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST); 2021; Yogyakarta.
- [2] Ong JW, Minifie T, Lin ES, Abid HA, Liew OW, Ng TW. Cryopreservation without dry ice-induced acidification during sample transport. *Analytical Biochemistry*. 2020;608:113906.
- [3] Jongbloed B, Vinod R, Teuwen J, Benedictus R, Villegas IF. Improving the quality of continuous ultrasonically welded thermoplastic composite joints by adding a consolidator to the welding setup. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 2022;155:106808.
- [4] Jongbloed B, Teuwen J, Villegas IF. On the use of a rounded sonotrode for the welding of thermoplastic composites. *Journal of Advanced Joining Processes*. 2023;7:100144.
- [5] Jongbloed B, Teuwen J, Benedictus R, Villegas IF. On differences and similarities between static and continuous ultrasonic welding of thermoplastic composites. *Composites Part B: Engineering*. 2020;203:108466.
- [6] Uhlmann E, Oberschmidt D, Frenzel S, Polte J, C.Hein, Winker I, editors. Fundamental Study on Embedded Thin Film Temperature Sensor Arrays for Diamond Turning Processes 11th International Conference on Micro Manufacturing; 2016; Orange County, California, USA
- [7] Tu Y, Rampazzi S, Hao B, Rodriguez A, Fu K, Hei X. Trick or Heat? Manipulating Critical Temperature-Based Control Systems Using Rectification Attacks. *Proceedings of the 2019 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security*; London, United Kingdom: Association for Computing Machinery; 2019. p. 2301–15.
- [8] Gelen A, Onur SB. A prototype electrofilter design and fabrication for electricity generation and emission reduction from flues. *Journal of Innovative Science Engineering*. 2021;5(1):41-9.
- [9] Hennick CC. Subsystem development and flight testing of an electroaerodynamic UAV [Thesis Master]: Massachusetts Institute of Technology; 2017.
- [10] Guimarães JVA. Electronic system for data acquisition and control of a automotive brake test bench [Thesis Undergraduate]: University of Brasília; 2018.
- [11] Tarn MD, Sikora SNF, Porter GCE, Wyld BV, Alayof M, Reicher N, et al. On-chip analysis of atmospheric ice-nucleating particles in continuous flow. *Lab on a Chip*. 2020;20(16):2889-910.

- [12] Joni J, Efendi R. Pengembangan Sistem Pembacaan Otomatis Berbasis Arduino Mega untuk Pengukuran Suhu dalam Praktikum Pindah Panas. *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*. 2023;9(2):30-6.
- [13] Adafruit. Analog Output K-Type Thermocouple Amplifier - AD8495 Breakout 2023 [Available from: <https://www.adafruit.com/product/1778#technical-details>.
- [14] KUONGSHUN. Most Complete Mega2560 Starter Kit [Available from: <https://www.kuongshun-ks.com/uno/arduino-kit/most-complete-mega2560-starter-kit.html>.
- [15] Solardunio. How to use Datalogger Shield? 2019 [Available from: <https://solarduino.com/how-to-use-datalogger-shield-with-arduino/>.
- [16] Navarrete MÁT. Desarrollo de una herramienta destinada a la adquisición y procesamiento de señales [Bachelor Thesis]. Sevilla: Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla; 2022.
- [17] Karer G, Bosnš M. Control Technology Instrumentation for Students of Applied Electrical Engineering Study Programme*. *IFAC-PapersOnLine*. 2022;55(17):37-42.
- [18] Zhang J, Du X, Qian C, Tai H-M. A quasi-online condition monitoring technique for the wind power converter. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. 2021;130.
- [19] Kim B, Gim J, Han E, Rhee B. Development of the vent clogging monitoring methods for injection molding. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*. 2021;32:277-86.
- [20] Alcock KM, Grammel M, González-Vila Á, Binetti L, Goh K, Alwis LSM. An accessible method of embedding fibre optic sensors on lithium-ion battery surface for in-situ thermal monitoring. *Sensors and Actuators A: Physical*. 2021;332.
- [21] Zhai M, Wu C, Su H. Influence of tool tilt angle on heat transfer and material flow in friction stir welding. *Journal of Manufacturing Processes*. 2020;59:98-112.
- [22] Costa A, Costa D, Morgado J, Santos H, Ferreira C. Autonomous Wireless Sensor with a Low Cost TEG for Application in Automobile Vehicles. *Procedia Engineering*. 2014;87:1226-9.