

Rancang Bangun Pengukur Suhu Kalorimeter Menggunakan Sensor DS18B20 Berbasis Arduino Uno

Design a Calorimeter Temperature Gauge Using a DS18B20 Sensor Based on Arduino Uno

Salmawati¹, Ihsan², Prasepvianto Estu Broto^{3*}

^{1,2,3}Fisika Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Jalan Sultan Alauddin, Romangpolong, Somba Opu, Gowa Sulawesi Selatan 92113

salmawat27@gmail.com¹, ihsanphysics@uin-alauddin.ac.id², prasepvianto@uin-alauddin.ac.id^{3*}

Abstrak – Pada penelitian ini telah dilakukan rancang bangun pengukur suhu kalorimeter menggunakan sensor DS18B20 berbasis Arduino Uno. Tujuan pada penelitian ini yaitu untuk merancang dan mengaplikasikan sistem pengukur suhu pada percobaan Kalorimeter. Pada proses rancang bangun terdapat dua tahapan yaitu perancangan hardware dan perancangan software. Perancangan hardware dibagi menjadi input terdiri dari Kalorimeter dan Sensor DS18B20, pemroses yaitu Arduino Uno, RTC dan Module SD Card, serta bagian output yaitu LCD. Perancangan software melakukan coding dan mengupload sketch pemrograman pada Arduino menggunakan software Arduino IDE. Metode pengujian pada penelitian terbagi dua yaitu kalibrasi sensor dan pengujian alat keseluruhan. Hasil kalibrasi yang diperoleh untuk penentuan kalor jenis menunjukkan nilai persentase kesalahan terendah yaitu 0,39% dan persentase kesalahan tertinggi yaitu 4,14%, dengan nilai rata-rata persentase kesalahan adalah 0,94%. Hasil pengujian alat keseluruhan pada penentuan kalor jenis nilai tertinggi pada Sensor DS18B20 sebelum kalibrasi yaitu 44,38 °C dan sesudah pengolahan data menggunakan persamaan kalibrasi yaitu 44,85 °C dengan suhu referensi 44,8 °C.

Kata Kunci: Arduino Uno, Sensor DS18B20, Arduino IDE, Kalibrasi..

Abstract – The design of a calorimeter temperature meter has been carried out using the DS18B20 sensor based on Arduino Uno. The purpose of this research is to design and apply a temperature measuring system in the calorimeter experiment. In the design process there are two stages, namely hardware design and software design. The hardware design is divided into inputs consisting of Calorimeters and DS18B20 Sensors, processors namely Arduino Uno, RTC and SD Card Modules, and output parts namely LCD. Software design does coding and uploads programming sketches on Arduino using the Arduino IDE software. The test method in this study is divided into two, namely sensor calibration and overall tool testing. The calibration results obtained for determining the specific heat showed the lowest percentage error value, namely 0,39% and the highest error percentage, namely 4,14%, with an average error percentage value of 0,94%. The overall test results for determining the highest specific heat value on the DS18B20 sensor before calibration were 44,38 °C and after data processing using the calibration equation, namely 44,85 °C with a reference temperature of 44,8 °C.

Keywords: Arduino Uno, DS18B20 Sensor, Arduino IDE, Calibration..

1. Pendahuluan

Kecanggihan di era modern ini mampu membuat sebuah sistem kontrol baik sistem analog maupun sistem digital. Pemanfaatan sistem analog maupun digital biasa digunakan dalam proses pengukuran, salah satunya yaitu pengukuran suhu. Pengukuran merupakan penentuan dari suatu dimensi, besaran atau kapasitas terhadap satuan pengukuran [1]. Sedangkan suhu merupakan besaran yang digunakan untuk menyatakan panas atau dinginnya suatu benda terhadap suatu ukuran standar [2]. Pada saat ini masih banyak yang melakukan pengukuran suhu menggunakan sistem analog, contohnya seperti pengukuran suhu pada kalorimeter yang masih menggunakan termometer air raksa. Kalorimeter merupakan alat yang digunakan untuk menentukan kapasitas kalor, kapasitas kalor jenis dan kapasitas kalor laten dari suatu benda atau bahan [3].

Pada penelitian ini dibuat sebuah rancang bangun pengukur suhu kalorimeter menggunakan sensor DS18B20 berbasis arduino uno. Sensor DS18B20 dapat beroperasi dalam kisaran $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $125\text{ }^{\circ}\text{C}$, meskipun dapat beroperasi hingga $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ namun dengan penutup kabel dari PVC maka disarankan untuk tidak melebihi dari $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ [4]. Terdapat dua jenis packaging pada sensor ini yaitu berupa single IC dan waterproof. Jenis waterproof sangat direkomendasikan untuk digunakan mengukur suhu cairan seperti pada suhu kalorimeter. Suhu yang dideteksi oleh sensor DS18B20 akan diproses oleh mikrokontroler arduino. Arduino berbentuk seperti board elektronik yang terdiri dari mikrokontroler ATmega328 yang dimana merupakan sebuah kepingan yang bertindak seperti komputer. Piranti ini dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan rangkaian elektronik dari yang sederhana hingga yang kompleks [5]. Pada arduino terdapat mikrokontroler Atmega328 yang bertindak sebagai komputer yang nantinya hasil pengukuran suhunya akan ditampilkan pada LCD. Pada proses penginputan nilai suhu dibutuhkan software arduino IDE, yang berfungsi untuk membuat, membuka, dan mengedit source code arduino (Sketches) yang nantinya akan di instalasi kedalam IC mikrokontroler (Arduino) [6].

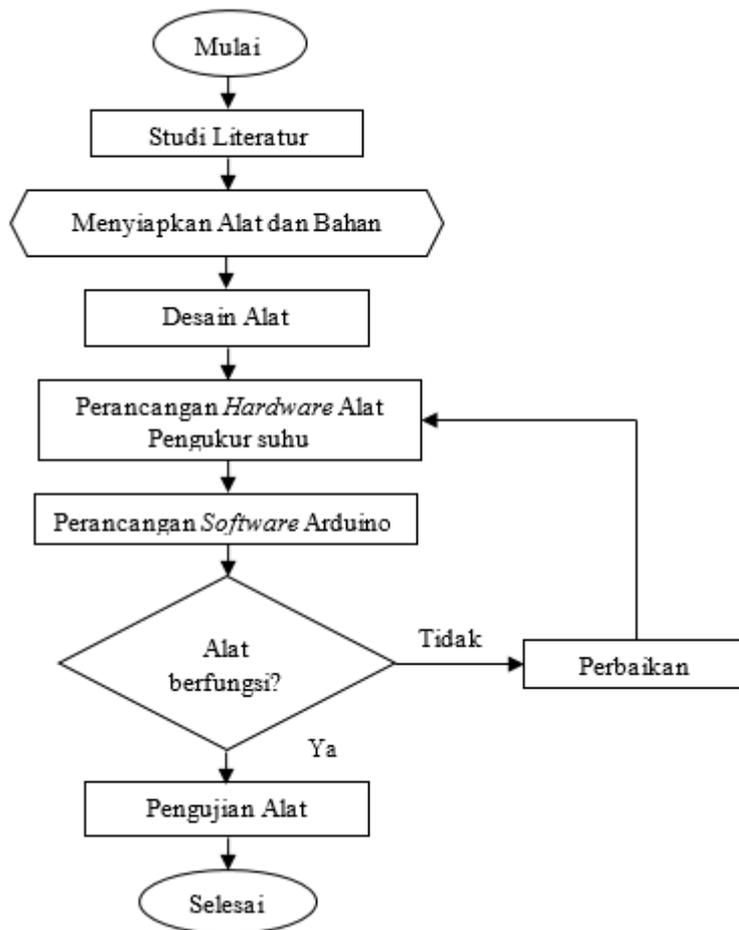
Akurasi pengukuran suhu menggunakan sensor DS18B20 Waterproof dari sistem yang dirancang adalah 99,09% [7], persentase nilai kesalahan DS18B20 adalah 1,6% [8], persentase nilai kesalahan pengukuran suhu menggunakan Sensor DS18B20 sebesar 1,16% [9]. Penggunaan Sensor DS18B20 banyak dimanfaatkan pada berbagai bidang aplikatif seperti perhitungan resistivitas tanah menggunakan metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner [10], pengukuran kualitas air [7][8], pengukuran suhu dan kelembapan [11][12], alat ukur suhu tanah, kelembapan tanah, resistansi [13], dan pengendalian penggunaan energi listrik disebuah gedung atau rumah [14]. Ketelitian yang didapatkan dari sensor DS18B20 yang paling tinggi jika dibandingkan dengan sensor LM35, DHT11, dan DHT22 dengan persentase nilai kesalahan pengukuran sebesar 1,6% [8]. Sensor DS18B20 memiliki akurasi yang lebih baik daripada DHT11 dengan dengan perbedaan pengukuran suhu 4% dan kelembapan 18% [15], sensor DHT11 memiliki persentase kesalahan 6,32% dan 7,4%. Sedangkan penelitian yang menggunakan sensor DS18B20 mendapatkan persentase kesalahan 1,82% dan 4,08% [16].

Adapun tujuan pada penelitian ini yaitu untuk merancang dan mengaplikasikan sistem pengukur suhu pada percobaan kalorimeter agar dapat mengetahui suhu kalorimeter dalam bentuk digital, mempermudah dalam pembacaan suhu dan meminimalisir kesalahan hasil pembacaan suhu. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan pada karakteristik sensor diantaranya: akurasi, kalibrasi dan kesalahan kalibrasi, pengulangan, resolusi, dan ketidakpastian [17]. Hasil kalibrasi menghitung persentase kesalahan yaitu nilai perbedaan hasil pengukuran dengan nilai yang sebenarnya dari kuantitas yang diukur [18]. Makin kecil kesalahan pengukuran, maka makin reliabel alat ukur tersebut. Sebaliknya ketika semakin besar kesalahan pengukuran, maka tidak reliabel alat ukur tersebut [19][20].

2. Metode Penelitian

2.1. Alur Penelitian

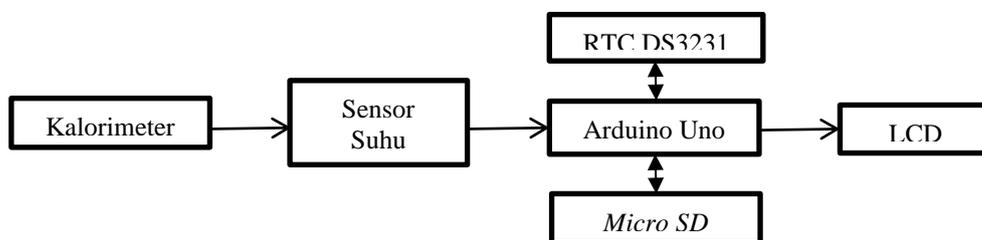
Pada penelitian ini diperlukan alur penelitian untuk mempermudah proses perancangan sesuai dengan rencana. Adapun alur penelitian dibuat dalam bentuk Flowchart yang dapat dilihat pada Gambar 1 yang menjelaskan tahapan-tahapan perancangan penelitian yang akan dibuat.



Gambar 1. Flowchart alur penelitian.

2.1.1. Perancangan *Hardware*

Desain sistem terdiri dari Perancangan *Hardware* yang merupakan penyusunan dari alat dan bahan yang menunjang dari penelitian yang ingin dibuat. Terdapat beberapa tahapan dari hasil rancangan yang dibuat, yaitu input, proses pengolahan data, dan output. Diagram blok perancangan peralatan dapat dilihat pada Gambar 2.

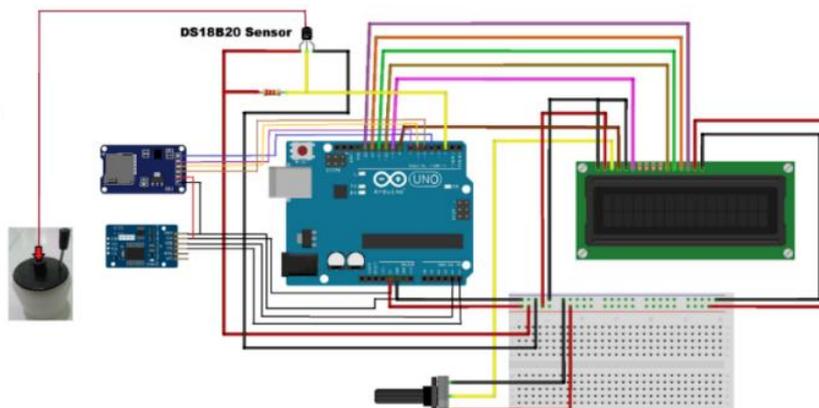


Gambar 2. Diagram blok perancangan alat pengukur suhu.

Diagram blok perancangan alat terdapat beberapa tahapan yang masing-masing memiliki fungsi. Pada bagian input terdiri dari kalorimeter dan sensor suhu DS18B20, kalorimeter berfungsi sebagai parameter yang diukur. Bagian proses pengolahan data terdapat Arduino Uno,

RTC DS3231 dan Module SD Card. LCD merupakan bagian output dari rangkaian secara keseluruhan. Cara kerja diagram di atas dimulai dari kalorimeter yang didalamnya terjadi perpindahan energi yang menghasilkan perubahan suhu, selanjutnya perubahan suhu tersebut akan dideteksi oleh sensor DS18B20 dalam bentuk derajat yang kemudian akan diproses oleh Arduino dalam bentuk keluaran digital lalu ditampilkan oleh software Arduino IDE melalui serial monitor dan LCD.

Bentuk perancangan dapat dilihat pada Gambar 3, yang menggambarkan desain alat pengukur suhu kalorimeter. Bentuk tersebut didesain dengan tetap memperhatikan kegunaan dan manfaat alat dalam penelitian. Desain ini diambil dari poin diagram blok sebelumnya (Gambar 2).



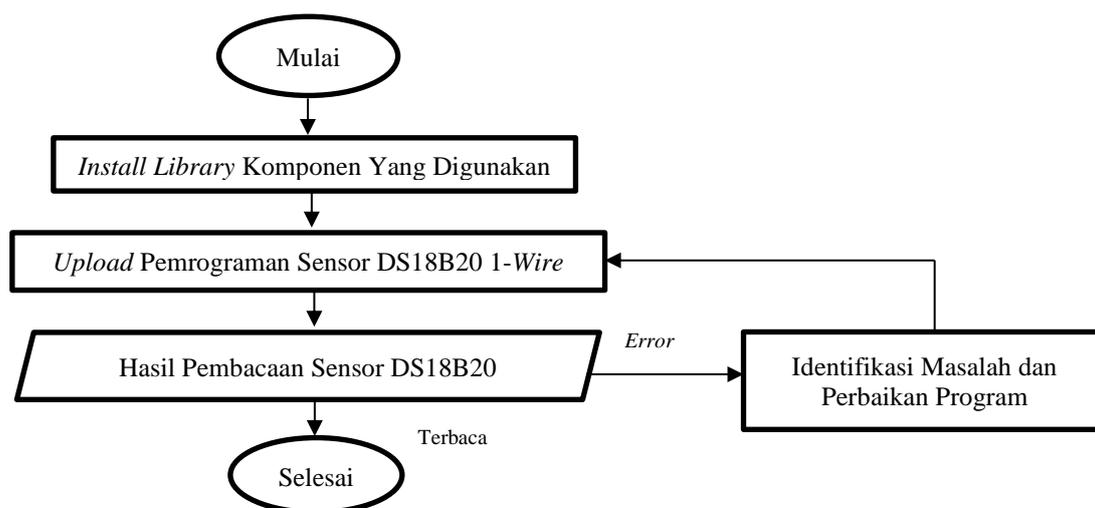
Gambar 3. Desain alat pengukur suhu kalorimeter.

Arduino sebagai pemroses terhubung dengan beberapa pin komponen, pin power pada arduino uno terhubung dengan pin VCC dan GND pada komponen sensor DS18B20, potensiometer, RTC, module SD card dan LCD. Pin data sensor DS18B20 (DQ) dihubungkan dengan pin 2 arduino. module SD card pin MISO, MOSI, SCK dan CS berturut-turut terhubung dengan arduino melalui pin 5, 6,7 dan 4. RTC pin SDA dan SCL terhubung dengan arduino melalui pin A4 dan A5. LCD pin D4, D5, D6, D7, RS dan EN masing-masing terhubung dengan arduino melalui pin 13, 12, 11, 10, 9, dan 8. Pin output potensiometer terhubung dengan LCD melalui pin VEE untuk mengatur kontras layar LCD.

2.1.2. Perancangan Software

Dalam perancangan software alat pengukur suhu kalorimeter membutuhkan aplikasi Arduino IDE untuk membuat pemrograman. Arduino IDE berfungsi untuk membuat kode program, kode program pada Arduino IDE disebut dengan istilah sketch atau source code arduino. Arduino menggunakan bahasa pemrograman yaitu C/C++ [6]. Alur perancangan software pada aplikasi Arduino Uno dapat dilihat pada Gambar 4.

Gambar 4 merupakan alur pada perancangan software Arduino IDE. Langkah pertama yang dilakukan adalah menginstal beberapa library dari komponen yang digunakan, library tersebut merupakan pustaka dari komponen yang digunakan yaitu sensor DS18B20, RTC, Module SD Card, dan LCD yang berfungsi untuk mengaktifkan komponen tersebut. Setelah menginstall library, kemudian membuat sketch dan meng-upload secara keseluruhan pemrograman yang telah dibuat. Dari hasil pemrograman yang di-upload maka akan muncul pada monitor hasil pembacaan suhu kalorimeter, waktu pengambilan data hingga penyimpanan data pada memory card.



Gambar 4. Flowchart perancangan software.

2.2. Metode Pengujian

2.2.1 Pengujian Sensor

Pengujian sensor dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi dari sensor yang akan digunakan. Pengujian sensor DS18B20 dilakukan dengan cara kalibrasi yaitu mengukur besaran fisis menggunakan air panas yang ditempatkan dalam sebuah wadah yang kemudian diukur suhunya. Nilai pembacaan suhu yang dihasilkan pada sensor suhu DS18B20 akan dibandingkan dengan nilai suhu yang dihasilkan oleh termometer yang ada di pasaran yaitu pada penelitian ini menggunakan termometer TP101. Spesifikasi dari termometer TP101 dapat digunakan pada pengukuran suhu $-50\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +300\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan keakuratan $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Pengambilan data pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan interval waktu 60 detik secara bersamaan untuk kedua termometer. Peresentase kesalahan dihitung dengan tujuan untuk mengetahui bahwa nilai suhu yang dihasilkan oleh sensor DS18B20 akurat dan presisi. Untuk menghitung persentase kesalahan (%) [8] digunakan persamaan berikut:

$$\text{Persentase Kesalahan (\%)} = \frac{|\text{Suhu sensor DS18B20} - \text{Suhu referensi}|}{\text{Suhu referensi}} \times 100\% \quad (1)$$

2.2.2 Pengujian Alat Keseluruhan

Pengujian ini dilakukan dari keseluruhan alat dan bahan yang telah dirancang, dapat dilihat dari pembacaan hasil pengukuran suhu pada kalorimeter apakah menghasilkan respon hasil yang cepat dan hasil suhu yang stabil. Pengujian dilakukan dengan cara meng-upload kode pemrograman sensor suhu DS18B20 ke aplikasi Arduino IDE, dimana Arduino IDE akan memprogram ke Arduino. Arduino akan memproses hasil pembacaan suhu yang dibaca oleh sensor suhu DS18B20 yang kemudian hasil pembacaan suhunya akan ditampilkan pada layar LCD. Pada pengujian ini dilakukan pula perbandingan hasil pembacaan suhu antara sensor DS18B20 dengan termometer TP101. Hasil dari pembacaan suhu pada kalorimeter merupakan hasil pengujian dari keseluruhan alat.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini, dijelaskan hasil penelitian dan pada saat yang sama diberikan diskusi yang komprehensif. Hasil dapat disajikan dalam gambar, grafik, tabel, dan lainnya yang membuat

pembaca mudah memahami [2], [5]. Jika penulis melakukan desain prototipe atau alat, Bab ini bisa dimulai dari tahapan desain. Diskusi dapat dilakukan dalam beberapa sub-bab.

3.1. Hasil Perancangan *Hardware*

Perancangan hardware meliputi penggabungan komponen-komponen elektronika dan mikrokontroler serta kalorimeter. Bagian komponen-komponen elektronika terdiri dari sensor suhu DS18B20, Potensiometer, Resistor 4,7k ohm sedangkan mikrokontroler terdiri dari Arduino Uno, RTC (real time clock), dan SD card. Hasil perancangan hardware dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil rancangan hardware pengukur suhu kalorimeter.

Hasil perancangan hardware pada Gambar 5 memiliki beberapa bagian terdiri dari input, proses pengolahan data dan output. Setiap pin komponen dihubungkan pada pin Arduino, dimana Arduino merupakan pusat pemrosesan seluruh data yang diperoleh dari tiap komponen yang kemudian akan diteruskan pada bagian output (LCD).

3.2. Hasil Perancangan *Software*

3.2.1 Pemrograman Alat Pada Arduino IDE

Software yang digunakan pada pemrograman adalah Arduino IDE. Kode program yang disebut dengan istilah sketch atau source code arduino tertera di editor pada software Arduino IDE [6] cuplikan hasil pemograman dapat dilihat pada Gambar 6.

```
#include <SPI.h>
#include <SD.h> //library module sd card
#include <LiquidCrystal.h> //library LCD
LiquidCrystal lcd(2, 3, 4, 5, 6, 7);
#include "RTClib.h" //library RTC
RTC_DS3231 rtc;
char daysOfTheWeek[7][12] = {"Minggu", "Senin", "Selasa", "Rabu", "Kamis",
"Jumat", "Sabtu"};
#include <DallasTemperature.h> //library DS18B20
#include <OneWire.h> //library OneWire
#define ONE_WIRE_BUS 8
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

const int CS = 10;
File dataku;
int count = 1;
float suhu, t;

void setup()
{
  //Menampilkan nilai suhu pada LCD
```

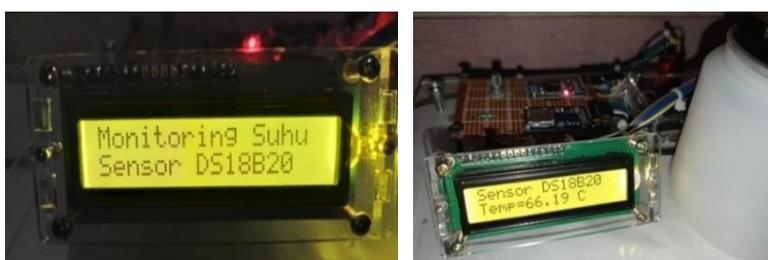
```
Serial.begin(9600);  
lcd.begin(16, 2); //jenis LCD 16x2  
lcd.print("Monitoring Suhu"); //tampilan baris 1  
lcd.setCursor(0,1); //set ke baris 2  
lcd.print("Sensor DS18B20"); //tampilan baris 2  
sensors.begin(); // Start sensor  
delay(2000); //tunggu 2 detik
```

Gambar 6. Sketch alat pada Arduino IDE.

Gambar 6 merupakan penggabungan program dari tiap komponen yaitu, sensor DS18B20, RTC (Real Time Clock), LCD dan SD Card yang didukung dengan library masing-masing. Sebelumnya program dibuat terpisah kemudian dikombinasikan menjadi satu pemrograman rangkaian alat keseluruhan.

3.2.2 Pembacaan Suhu Pada layar LCD

LCD berfungsi sebagai output pada penelitian, dimana pendeteksi perubahan suhu adalah sensor suhu DS18B20 sebagai inputnya. Hasil pembacaan suhu dari pengoperasian alat pengukur suhu kalorimeter menggunakan sensor DS18B20 telah diprogram dan akan tampil pada layar LCD yang dapat dilihat pada Gambar 7.



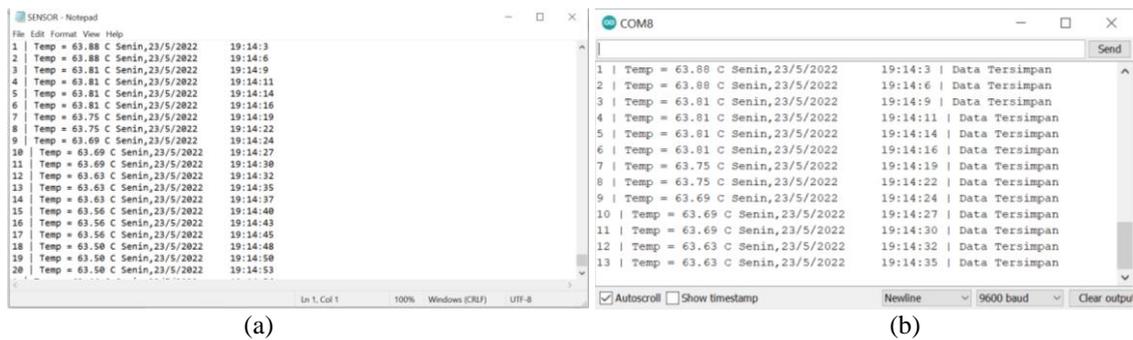
Gambar 7. Hasil pengukuran suhu.

Pembacaan hasil pengukuran suhu pada layar LCD Gambar 7 (a) Monitoring suhu sensor DS18B20 adalah tampilan awal sebelum pengukuran suhu dan (b) Hasil pengukuran suhu sesuai sinkronisasi code source output program pada arduino IDE yang dapat di deskripsikan sebagai pengukuran suhu secara real time.

3.2.3 Pembacaan Sensor dan RTC pada SD Card dan serial monitor

Modul SD Card adalah mikrokontroler yang dapat membaca dan menulis data dari hasil pengukuran perubahan suhu kalorimeter. Data akan tersimpan pada SD Card yang terdiri dari pembacaan sensor DS18B20 dan RTC. Data pembacaan sensor DS18B20 dan RTC yang tersimpan dalam SD Card dapat dilihat pada Gambar 8.

Gambar 8.a menunjukkan data pembacaan sensor DS18B20 dan RTC yang tersimpan pada memori penyimpanan. Sedangkan pada Gambar 8.b menunjukkan data pembacaan sensor DS18B20 dan RTC yang ditampilkan di dalam software Arduino IDE pada fitur serial monitor. Serial monitor menampilkan hasil pembacaan suhu yang dilengkapi dengan waktu pengukuran suhu secara real time.



Gambar 8. Data pembacaan sensor DS18B20 dan RTC pada: (a) SD Card, (b) serial monitor.

3.3 Hasil Pengujian

3.3.1 Pengujian Kalibrasi Sensor

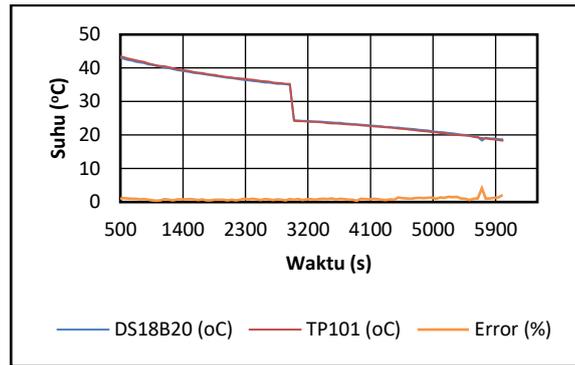
Pengujian sensor dilakukan untuk melihat tingkat akurasi dan menentukan persentase kesalahan dari pembacaan oleh sensor DS18B20 dengan suhu referensi menggunakan termometer TP101. Proses kalibrasi sensor dapat dilihat pada Gambar 9.



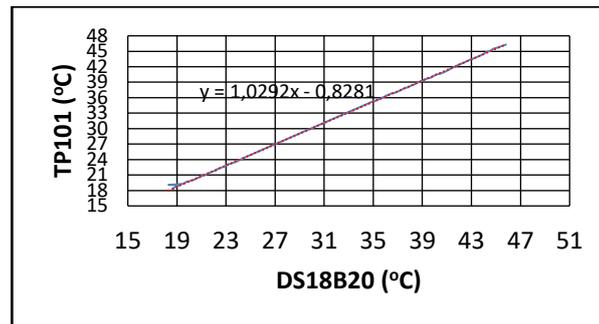
Gambar 9. Proses kalibrasi sensor DS18B20.

Proses kalibrasi sensor untuk kalor jenis dilakukan dengan memasukkan air hangat ke dalam wadah dengan suhu 46°C dengan pengukuran perubahan suhu hingga 19°C , wadah tersebut telah dipasang sensor DS18B20 dan termometer TP101 untuk mengukur nilai perubahan suhu yang terjadi setiap selang 60 detik. Kalibrasi sensor harus menggunakan rentang suhu yang sesuai dengan suhu yang akan digunakan pada alat, hal ini untuk memperoleh persamaan kalibrasi yang sesuai.

Hasil kalibrasi pada Gambar 11 menunjukkan persentase kesalahan (%) terendah yaitu 0,39% dan persentase kesalahan (%) tertinggi yaitu 4,14%, dengan nilai rata-rata persentase kesalahan (%) adalah 0,94 %. Dari hasil kalibrasi dengan nilai rata-rata (%) persentase kesalahan yang kurang dari 1% ini menunjukkan nilai akurasi yang sangat baik. Detailnya dapat dilihat pada Gambar 10 dan 11.



Gambar 10. Hasil pengujian kalibrasi sensor DS18B20 dengan termometer TP101.



Gambar 11. Perbandingan nilai dan persamaan kalibrasi sensor DS18B20 dengan termometer TP101.

Akurasi dapat dilihat dari nilai selisih yang diperoleh, dimana nilai suhu terendah sensor DS18B20 18,69 °C dan termometer TP101 18,3 °C. Hal ini menunjukkan selisih antara kedua alat ukur hanya berkisar 0,39 °C. Gambar 11 diperoleh persamaan dari hasil perbandingan sensor DS18B20 dengan termometer TP101, dimana persamaan tersebut akan digunakan pada pengolahan data hasil pengukuran suhu sensor DS18B20.

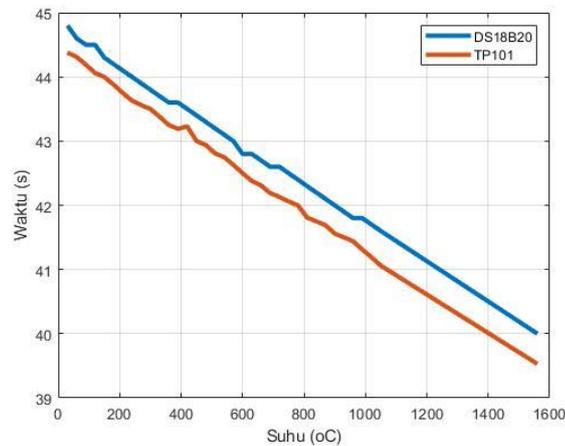
3.3.2 Pengujian Alat Keseluruhan

Hasil implementasi dari rancang bangun pengukur suhu kalorimeter dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor DS18B20 berbasis Arduino Uno dengan termometer TP101, dilakukan perbandingan nilai untuk lebih mengetahui keakuratan termometer digital yang telah dirancang. Sensor DS18B20 dan termometer TP101 dihubungkan ke kalorimeter yang secara otomatis akan membaca perubahan suhu yang terjadi. Karena pentingnya proses kalibrasi maka dilakukan lagi perbandingan hasil data sebelum dan sesudah proses kalibrasi.

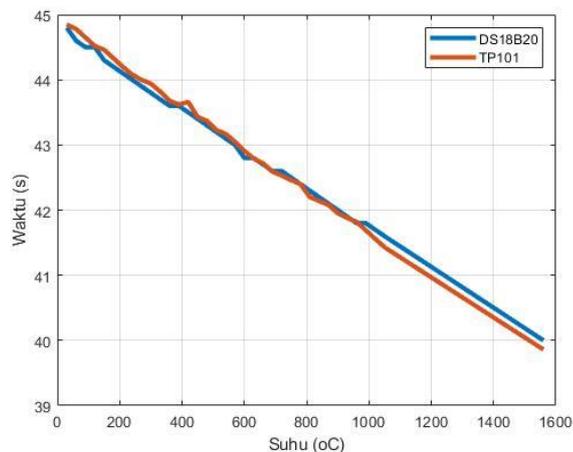


Gambar 12. Proses implementasi alat secara keseluruhan.

Pengujian alat secara keseluruhan dilakukan dengan mengimplementasikan alat pada percobaan kalorimeter yang dapat dilihat pada Gambar 13. Proses pengambilan data untuk penentuan kalor jenis dilakukan dengan mencampurkan air suhu ruangan dengan air hangat pada suhu 50 °C kedalam wadah kalorimeter, kemudian dilakukan pengadukan hingga mencapai suhu stabil.

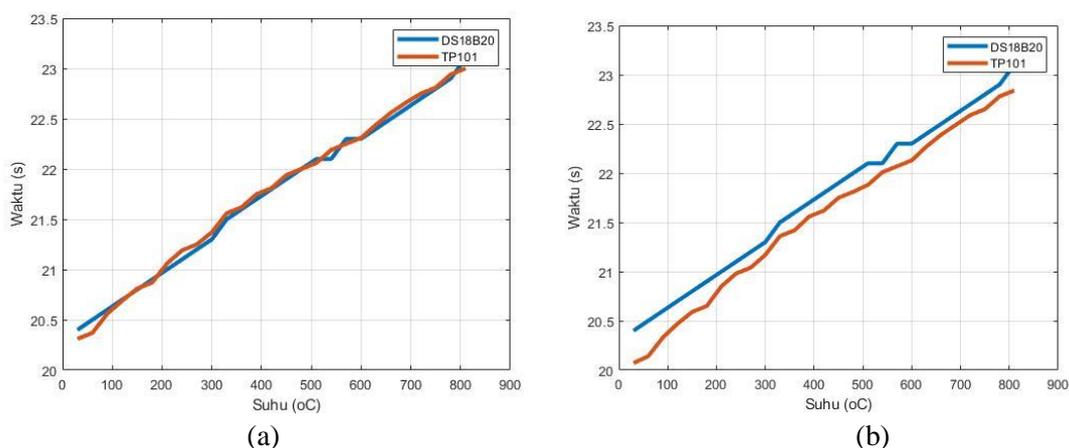


Gambar 13. Data perbandingan perubahan suhu sensor DS18B20 dengan termometer TP101 terhadap waktu pada penentuan kalor jenis sebelum kalibrasi.



Gambar 14. Data perbandingan perubahan suhu sensor DS18B20 dengan termometer TP101 terhadap waktu pada penentuan kalor jenis sesudah kalibrasi.

Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh nilai tertinggi pada sensor DS18B20 sebelum kalibrasi yaitu 44,38 °C dan sesudah pengolahan data menggunakan persamaan kalibrasi yang tertera pada Gambar 12 yaitu 44,85 °C dengan suhu referensi 44,8 °C. Perbandingan ini dapat dilihat pula pada grafik di Gambar 13 (sebelum kalibrasi) dan Gambar 14 (sesudah kalibrasi).



Gambar 15. Data perbandingan perubahan suhu sensor DS18B20 dengan termometer TP101 terhadap waktu pada penentuan kalor lebur es: (a) sebelum kalibrasi, (b) sesudah kalibrasi.

Pengambilan data dilakukan setelah suhu mengalami kenaikan hingga suhu stabil. Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh nilai tertinggi pada sensor DS18B20 sebelum kalibrasi yaitu 23 °C dan sesudah pengolahan data menggunakan persamaan kalibrasi yang tertera pada Gambar 12 yaitu 22,84 °C dengan suhu referensi 23,1 °C. Perbandingan ini dapat dilihat pula pada hasil Gambar 15.a (sebelum kalibrasi) dan Gambar 15.b (sesudah kalibrasi).

4. Kesimpulan

Penelitian telah berhasil merancang bangun pengukur suhu kalorimeter yang terdiri dari bagian input, pemroses dan output. Hasil rancangan yang telah dilakukan merupakan proses penggabungan komponen-komponen elektronika, mikrokontroler dan kalorimeter serta pengaktifan alat menggunakan software Arduino IDE. Berdasarkan hasil pengukuran, diperoleh nilai rata-rata persentase kesalahan dari hasil pengujian kalibrasi sensor DS18B20 dengan termometer TP101 pada rancang bangun pengukur suhu kalorimeter menggunakan sensor DS18B20 berbasis Arduino Uno yaitu 0,94 %. Sensor DS18B20 ini dapat beroperasi dalam kisaran -55 °C hingga 125 °C, namun karena menggunakan penutup kabel dari PVC maka disarankan untuk melakukan pengukuran tidak melebihi dari 100 oC [11].

Referensi

- [1] A. P. Putera and K. L. Toruan, "Rancang Bangun Alat Pengukur Suhu, Kelembaban Dan Tekanan Udara Portable Berbasis Mikrokontroler Atmega16," *J. Meteorol. Klimatologi dan Geofis.*, vol. 3, no. 2, pp. 42–50, 2016.
- [2] A. A. Hamid, "Kalor dan Termodinamika," in *Diktat Kuliah Termodinamika*, 2007, pp. 1–51.
- [3] N. N. dan Hufri, "Rancang Bangun Set Eksperimen Kalorimeter Digital dengan Pengindera Sensor Termokopel dan Sensor Load Cell Berbasis Arduino Uno," *J. Pillar Phys.*, vol. 13, no. 1, pp. 34–41, 2020.
- [4] H. Kurniawan, S. Nugraha, and M. Hidayaturohmat, "Sistem Monitoring Suhu Berbasis Teknologi Nirkabel Secara Real-Time Pada Kolam Pembenuhan Ikan," in *Digilib.Mercubuana.Ac.Id*, 2016, vol. 1, pp. 57–64.
- [5] T. A. Siswanto and M. A. Rony, "Aplikasi Monitoring Suhu Air Untuk Budidaya Ikan Koi Dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino Nano Sensor Suhu Ds18B20 Waterproof Dan Peltier Tec1-12706 Pada Dunia Koi," *Skanika*, vol. 1, no. 1, pp. 40–46, 2018.
- [6] M. Zemil, Y. R. Kaesmetan, and E. A. U. Malahina, "Simulasi Pengukuran Kadar Air, Ph Tanah, Kelembaban dan Suhu Udara menggunakan Mikrokontroler (Arduino-Uno R3)," vol. 6, no. 2, pp. 120–127, 2022.

- [7] U. Syafiqoh, S. Sunardi, and A. Yudhana, "Pengembangan Wireless Sensor Network Berbasis Internet of Things untuk Sistem Pemantauan Kualitas Air dan Tanah Pertanian," *J. Inform. J. Pengemb. IT*, vol. 3, no. 2, pp. 285–289, 2018.
- [8] Yoga Alif Kurnia Utama, "Perbandingan Kualitas antar Sensor Suhu dengan menggunakan Arduino Pro Mini," *e-Jurnal Nar.*, vol. 2, no. 2, pp. 145–150, 2016.
- [9] Unang Achlison, "Analisis Implementasi Pengukuran Suhu Tubuh Manusia dalam Pandemi Covid-19 di Indonesia," *Pixel J. Ilm. Komput. Graf.*, vol. 13, no. 2, pp. 102–106, 2020.
- [10] D. V. Sari, A. Surtono, and Warsito, "Sistem Pengukuran Suhu Tanah Menggunakan Sensor DS18B20 dan Perhitungan Resistivitas Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner," *J. Teor. dan Apl. Fis.*, vol. 04, no. 01, pp. 83–90, 2016.
- [11] dan S. N. Firanti, Y. O., H. Kurniawan, "Sistem Monitoring Suhu Realtime Pada Kolam Pemeliharaan Ikan Bebas Cloud Computing," 2019.
- [12] W. Aritonang and I. A. Bangsa, "Implementasi Sensor Suhu DS18B20 dan Sensor Tekanan MPX5700AP menggunakan Mikrokontroler Arduino Pada Alat Pendeteksi Tingkat Stress," *J. Ilm. Wahana ...*, vol. 7, no. 1, pp. 153–160, 2021.
- [13] Lutfiyana, N. Hudallah, and A. Suryanto, "Rancang Bangun Alat Ukur Suhu Tanah , Kelembaban Tanah, dan Resistansi," *Tek. Elektro*, vol. 9, no. 2, pp. 80–86, 2017.
- [14] M. Masnur, "Aplikasi Sistem Pengendali Energi Listrik Menggunakan DS18B20," *J. Sintaks Log.*, vol. 1, no. 2, pp. 103–106, 2021.
- [15] E. Z. R. Hakim, H. Hasan, and Syukriyadin#, "Perancangan Mesin Pengering Hasil Pertanian Secara Konveksi dengan Elemen Pemanas Infrared Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno dengan Sensor DS18B20," *J. Karya Ilm. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 3, pp. 16–20, 2017.
- [16] A. M. A. Q, "Analisa Sensor Suhu Pada Incubator Bayi," in *Seminar Nasional Fortei7-4*, 2021, pp. 325–327.
- [17] B. E. Cahyono, "Karakterisasi Sensor LDR dan Aplikasinya pada Alat Ukur Tingkat Kekeruhan Air Berbasis Arduino UNO," *J. Teor. dan Apl. Fis.*, vol. 7, no. 2, pp. 179–186, 2019, doi: 10.23960/jtaf.v7i2.2247.
- [18] A. Abrar and A. Armin, "Rancang Bangun Robot Cerdas Menggunakan Raspberry PI dan Python," *JST (Jurnal Sains Ter.)*, vol. 6, no. 1, 2020.
- [19] Z. Matondang, "Validitas dan Reliabilitas Suatu Instrumen Penelitian," *J. Tabularasa PPS Unimed*, vol. 6, no. 1, pp. 87–97, 2009.
- [20] F. Yusup, "Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen Penelitian Kuantitatif," *J. Tarb. J. Ilm. Kependidikan*, vol. 7, no. 1, pp. 17–23, 2018.