

Rancang Bangun Data *Logger* Multi Kanal Terhubung IoT (*Internet Of Things*) Sebagai Pengukur Temperatur dengan Sensor *Thermocouple*

Prasetyo Wibowo¹, Dedi Ary Prasetya

Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS)
Surakarta, Indonesia

d400170030@student.ums.ac.id, dediary@ums.ac.id

Abstraksi —Instrumentasi pengukur suatu besaran semakin banyak dikembangkan seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi pada saat ini. Sistem instrumentasi pengukur besaran biasa digunakan untuk memonitoring besaran tersebut. Salah satu besaran yang dapat dimonitoring adalah suhu. Memonitoring suatu besaran memerlukan data *logger* untuk mencatat hasil pengukuran suatu objek. Data *logger* ini akan mencatat sesuai waktu yang ditentukan kemudian akan menyimpan data hasil pengukuran yang dilakukan. Data *logger* ini dirancang terhubung IoT yang mana dapat diakses dari jarak jauh menggunakan komputer ataupun *smartphone*. Perangkat mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino MEGA 2560 dan perangkat IoT yang digunakan adalah *Ethernet Shield* W5100. Sensor yang akan mengukur suhu adalah sensor *Thermocouple* MAX6675 Type-K. Metode pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian kalibrasi sensor, *first-order-system* untuk mengetahui *time constant* yang diperoleh dari *step response*, dan laju perpindahan kalor. Hasil dari pengujian diperoleh rata-rata selisih antara sensor dengan termometer air raksa adalah kurang dari 1 °C. *Time constant* saat suhu naik dan suhu turun cenderung sama besarnya. Harapannya kedepan dari hasil penelitian ini adalah dapat memudahkan user dalam memonitoring suhu yang ada pada suatu lokasi atau suhu pada suatu objek dengan tingkat selisih pengukuran kurang dari 1 °C.

Katakunci — Arduino MEGA, Data *Logger*, IoT, Sensor *Thermocouple* MAX6675 Type-K

Abstracts — Instrumentation measuring a quantity is increasingly being developed along with the rapid development of technology at this time. Quantity measuring instrumentation systems are commonly used to monitor these quantities. One of the quantities that can be monitored is temperature. Monitoring a quantity requires a data logger to record the measurement results of an object. This data logger will record according to the specified time then will save the data from the measurements made. This data logger is designed to be connected to IoT which can be accessed remotely using a computer or smartphone. The microcontroller device used is Arduino MEGA 2560 and the IoT device used is *Ethernet Shield* W5100. The sensor that will measure the temperature is the sensor *Thermocouple* MAX6675 Type-K. The test method used in this research is the sensor

calibration test, *first-order-system* to determine the time constant obtained from the step response, and the rate of heat transfer. The results of the test obtained that the average difference between the sensor and the mercury thermometer is less than 1 °C. The time constant when the temperature rises and the temperature falls tends to be the same. The hope in the future from the results of this study is that it can make it easier for users to monitor the temperature at a location or the temperature of an object with a measurement difference of less than 1 °C.

Keywords — Arduino MEGA, Data *Logger*, IoT, Sensor *Thermocouple* MAX6675 Type-K

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan teknologi yang semakin maju menuntut berkembangnya sistem monitoring pada suatu indikator, salah satunya adalah temperatur suhu. Suhu atau temperatur adalah suatu besaran yang menunjukkan derajat panas dinginnya dari suatu benda. Adanya perbedaan tingkat pemanasan matahari di permukaan bumi, menyebabkan suatu kawasan akan memiliki perbedaan suhu dengan kawasan lainnya. Sebagian panas yang sampai ke permukaan bumi diserap dan sebagian lagi dipantulkan. Pantulan sinar matahari tersebut akan sangat memengaruhi suhu di kawasan tersebut [1]. Temperatur suhu menjadi indikator yang sangat penting dalam suatu riset yang mengharuskan menggunakan suhu yang stabil. Pengukuran suhu secara berkala perlu dilakukan untuk mendapatkan data perubahan suhu tiap beberapa menit. Data hasil pengukuran tersebut dapat disimpan dan dapat diamati dalam bentuk grafik. Salah satu sensor yang dapat digunakan untuk mengukur suhu adalah sensor *thermocouple type-K*.

Thermocouple adalah transduser aktif suhu yang tersusun dari dua buah logam berbeda dengan titik pembacaan pada pertemuan kedua logam dan titik yang lain sebagai keluarannya. *Thermocouple* merupakan salah satu sensor yang paling umum digunakan untuk mengukur suhu karena relatif murah tetapi akurat yang dapat beroperasi pada suhu panas maupun dingin [2]. Sensor ini akan mengukur suhu dari objek

dengan cara bersentuhan secara langsung. Hasil pengukuran kemudian akan ditampilkan pada *Oled Display*. Pengatur kerja komponen menggunakan mikrokontroler Arduino MEGA.

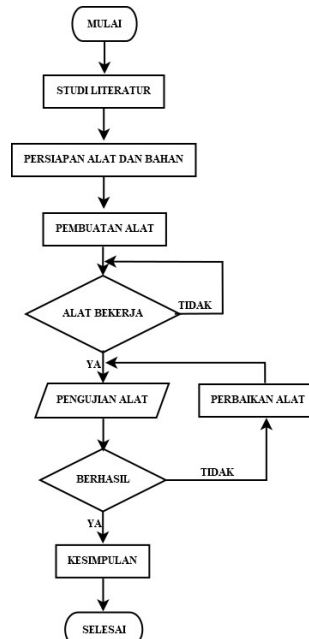
Perkembangan teknologi di era *Indrusty 4.0* menjadi salah satu acuan dalam pembuatan suatu rancangan alat disaat ini. Teknologi yang berkembang di dalamnya salah satunya adalah *Internet of Things* (IoT). IoT akan memudahkan seseorang dalam memonitoring suatu hal karena dapat diakses secara *realtime*. IoT adalah suatu sistem dimana mesin komputing, alat mekanik maupun digital, manusia, hewan, maupun obyek tertentu, yang tersambung dan dapat berinteraksi melalui internet. Sistem ini mempunyai kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan internet tanpa memerlukan interaksi manusia – manusia, atau manusia – komputer [3].

Penggunaan IoT ini memerlukan modul *Ethernet Shield* W5100. *Ethernet Shield* merupakan perangkat tambahan yang digunakan untuk menghubungkan Arduino ke dalam jaringan komputer atau internet. *Ethernet Shield* W5100 mendukung hingga empat koneksi soket secara simultan. Programnya cukup dengan menghubungkan Arduino dengan komputer via USB serta menghubungkan *Ethernet Shield* dengan komputer atau router, dapat menggunakan UTP Cat5 dengan konektor RJ54 [4].

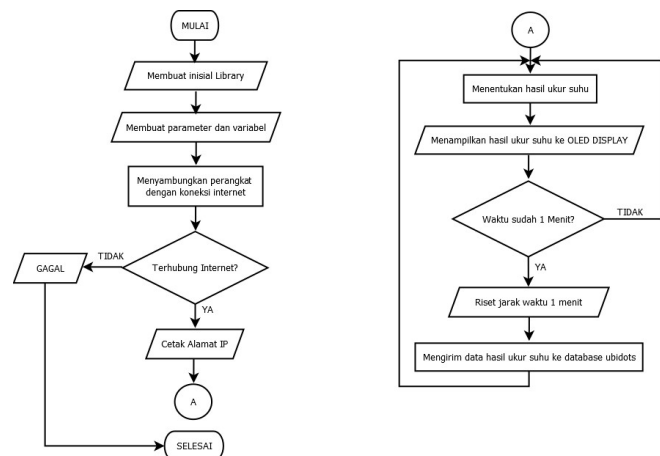
Penelitian ini akan membahas mengenai Rancang Bangun Data Logger Multi Kanal Terhubung IoT sebagai Pengukur Temperatur dengan Sensor *Thermocouple*. Perancangan alat ini menggunakan empat kanal agar mendapatkan hasil akurasi yang lebih tinggi karena akan ada empat buah temperatur suhu yang dihasilkan dari pengukuran suatu objek. Alat ini akan dikatakan memiliki akurasi tinggi saat hasil pengukurannya tidak berbeda jauh dengan alat ukur temperatur suhu konvensional. Media penyimpanan yang digunakan adalah *database cloud*. Penyedia layanan *database cloud* yang digunakan adalah Ubidots. Ubidot salah satu platform IoT yang dapat digunakan. Platform ini digunakan untuk mengirimkan dan menerima data sensor ke *cloud* dari *smartphone* atau laptop mana pun yang terhubung dengan internet, dan mengubahnya menjadi informasi yang bermanfaat. Platform Ubidots digunakan disini karena memiliki banyak manfaat seperti mengoptimalkan komputasi, visualisasi, dan pemulihan penyimpanan data IoT dan Memiliki GUI (*Graphical User Interface*) sederhana, mudah digunakan [5].

II. METODE

Metode yang akan digunakan pada penelitian ini adalah yang pertama dengan merancang kerangka kerja, dimana kerangka kerja tersebut akan menjelaskan secara singkat urutan yang akan dilaksanakan. Diagram Alur Metode Penelitian dapat dilihat pada Gambar sedangkan diagram alir algoritma program ditunjukkan pada gambar 2.

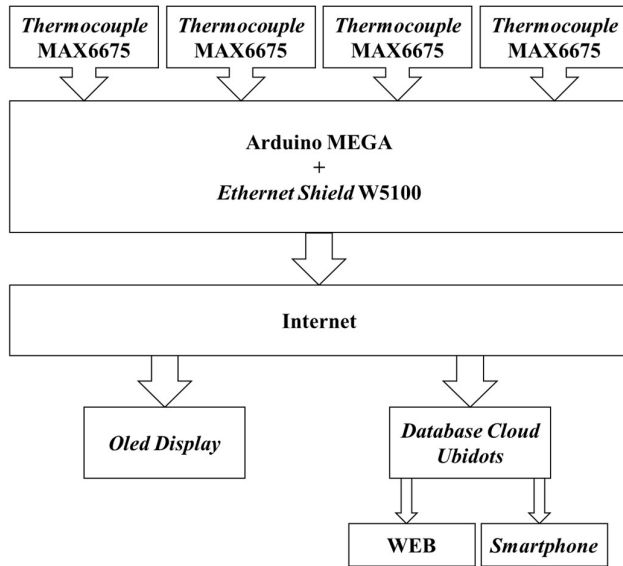


Gambar 1. Diagram Alur Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Algoritma Program

Blok diagram sistem pada rancang bangun ini dapat dilihat pada gambar 3. Rancang bangun ini terdiri dari empat buah sensor *thermocouple* MAX6675, mikrokontroler Arduino Mega, *Ethernet Shield* W5100, *Oled Display*, dan *database cloud* Ubidots. Sistem ini akan disuplai oleh tegangan 7-12 VDC.

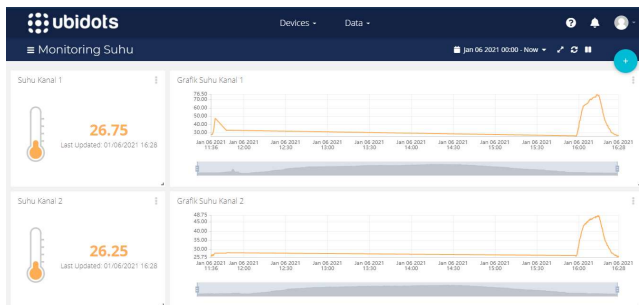


Gambar 3. Diagram Blok Sistem

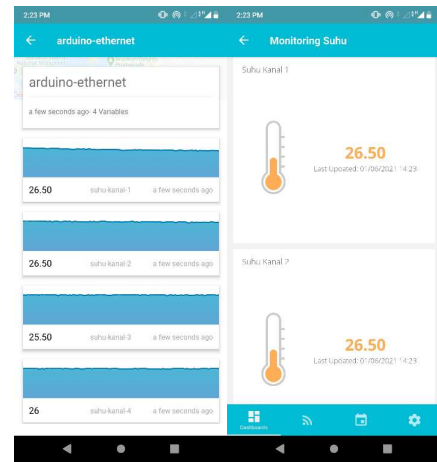
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Database Cloud pada Ubidots

Ubidots dipilih karena lebih mudah dikelola bagi user. Ubidots dapat diakses menggunakan WEB ataupun menggunakan aplikasi yang sudah tersedia di *Google Play Store*. Terdapat menu *devices*, *dashboard*, *events*, dan *setting*. *Device* merupakan menu yang berisikan perangkat yang terhubung oleh *database cloud* Ubidots. *Dashboard* merupakan menu yang akan menampilkan *widget* yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan. *Dashboard* ini akan mengambil data dari *device* dan akan ditampilkan pada *widget* terkait. Tampilan *User Interface* Ubidots dapat dilihat pada gambar 4 dan pada gambar 5.



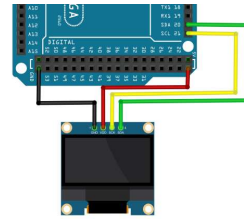
Gambar 4. Tampilan User Interface Ubidots melalui WEB Browser



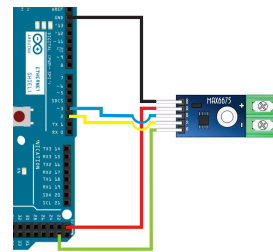
Gambar 5. Tampilan User Interface Ubidots melalui Aplikasi pada Android

B. Hasil Rancangan Elektronika dan Desain Hardware

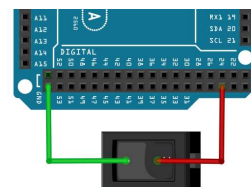
Rancang bangun ini dibuat dengan tahapan pembuatan rancangan elektronika berupa diagram pengawatan dan kemudian dibuat desain untuk pembuatan *hardware* dari alat ini. Diagram pengawatan pada sistem ini dibagi menjadi tiga bagian yakni diagram pengawatan *Oled Display* dapat dilihat pada gambar 6, diagram pengawatan sensor *thermocouple* MAX6675 dapat dilihat pada gambar 7, dan diagram pengawatan *switch* dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 6. Diagram Pengawatan Oled Display



Gambar 7. Diagram Pengawatan Sensor Thermocouple MAX6675



Gambar 8. Diagram Pengawatan Switch

Pada rancang bangun ini menggunakan empat buah sensor dan empat buah *switch*. Pemasangan sensor dan *switch* dengan mikrokontroler Arduino dapat dilihat pada tabel I/O pada tabel 1 dan tabel 2.

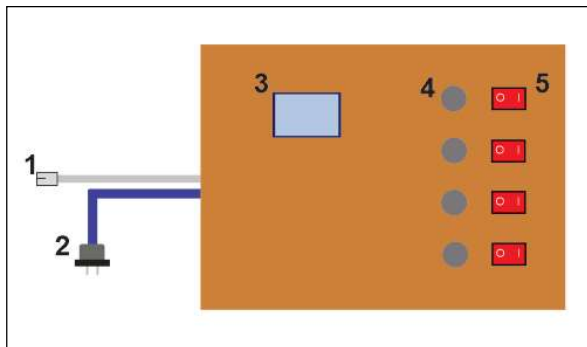
TABEL I. TABEL I/O PADA SENSOR THERMOCOUPLE MAX6675

Sensor	GND	VCC	SCK	CS	SO
1	GND	+5 V	Pin 3	Pin 2	Pin 23
2	GND	+5 V	Pin 5	Pin 4	Pin 27
3	GND	+5 V	Pin 7	Pin 6	Pin 31
4	GND	+5 V	Pin 9	Pin 8	Pin 35

TABEL II. TABEL I/O PADA SWITCH

Switch	GND	COM
1	GND	Pin 25
2	GND	Pin 29
3	GND	Pin 33
4	GND	Pin 37

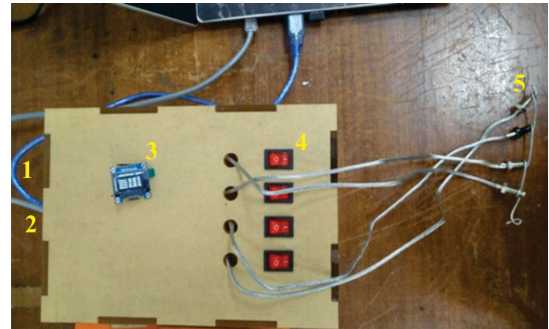
Setelah rancangan elektronika selesai dibuat maka, dibuatlah desain untuk *hardware* dari rancang bangun ini. Desain *hardware* dari alat ini dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Desain *Hardware* dari Alat

Keterangan :

1. Steker
2. Kabel LAN
3. *Oled Display*
4. Sensor *Thermocouple* MAX6675
5. *Rocker Switch*



Gambar 10. *Hardware* dari Alat

Keterangan :

1. Kabel USB
2. Kabel LAN
3. *Oled Display*
4. *Rocker Switch*
5. Sensor *Thermocouple* MAX6675

C. Pengujian Kalibrasi Alat

Pengujian kalibrasi alat ini dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi dari sensor dengan alat ukur yang sudah konvensional seperti termometer air raksa. Proses kalibrasi ini dilakukan dari suhu 18°C-53°C. Hasil ukur antara sensor dengan termometer akan dibandingkan dan diperoleh nilai selisih. Hasil ukur dari sensor dan termometer dapat dilihat pada tabel 3. Selisih hasil pengukuran antara termometer dan sensor dapat dilihat pada tabel 4.

TABEL III. DATA HASIL PENGUKURAN TERMOMETER DAN SENSOR

No.	Termometer (°C)	Sensor 1 (°C)	Sensor 2 (°C)	Sensor 3 (°C)	Sensor 4 (°C)
1	18	17.25	19.25	17.75	18.50
2	19	18.25	20.00	19.25	19.50
3	20	19.50	21.25	20.50	21.25
4	21	20.75	21.50	21.00	21.00
5	27	26.75	27.75	26.50	27.00
6	36	37.25	37.00	37.25	38.00
7	40	41.25	42.00	41.00	42.00
8	47	48.00	47.50	47.75	49.50
9	49	50.75	50.50	50.25	50.50
10	53	54.25	53.75	53.75	54.25

Selisih nilai pengukuran dari termometer dan sensor cukup fluktuatif karena selisihnya ada yang naik dan ada yang turun. Nilai selisih dapat diketahui menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Selisih} = |\text{Nilai Ukur} - \text{Nilai Sensor}| \quad (1)$$

TABEL IV. DATA SELISIH PENGUKURAN TERMOMETER DAN SENSOR

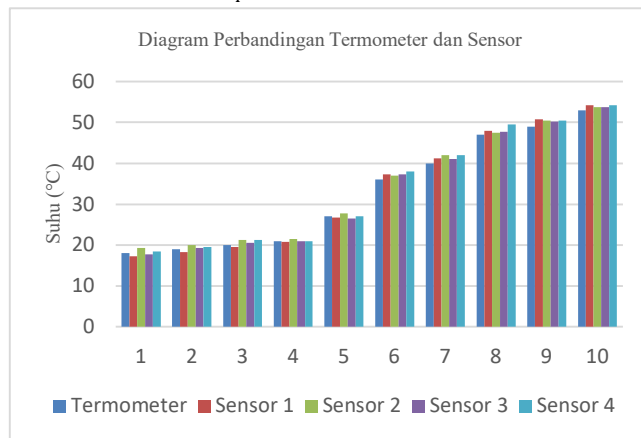
No.	Selisih 1 (°C)	Selisih 2 (°C)	Selisih 3 (°C)	Selisih 4 (°C)
1	0.75	1.25	0.25	0.50
2	0.75	1.00	0.25	0.50
3	0.50	1.25	0.50	1.25
4	0.25	0.50	0.00	0.00
5	0.25	0.75	0.50	0.00
6	1.25	1.00	1.25	2.00
7	1.25	2.00	1.00	2.00
8	1.00	0.50	0.75	2.50
9	1.75	1.50	1.25	1.50
10	1.25	0.75	0.75	1.25
Rata-Rata	0.90	1.05	0.65	1.15

Berdasarkan tabel 4, rata-rata selisih dari masing-masing sensor dapat dihitung menjadi selisih rata-rata keseluruhan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Rata - rata Selisih (°C)} = \frac{\text{Selisih 1} + \text{Selisih 2} + \text{Selisih 3} + \text{Selisih 4}}{\text{Jumlah Sensor}} \quad (2)$$

$$\text{Rata - rata Selisih (°C)} = \frac{0.9 + 1.05 + 0.65 + 1.15}{4}$$

$$\text{Rata - rata Selisih} = \frac{3.75}{4} = 0.93^\circ\text{C}$$

Gambar 11. Diagram Perbandingan Termometer dan Sensor *Thermocouple*

Hasil perbandingan pengukuran antara termometer air raksa dan sensor *thermocouple* MAX6675 ditampilkan pada gambar 11. Selisih hasil pengukuran dari keduanya tidak terlalu jauh atau tidak terlalu signifikan, hal ini terlihat pada diagram yang menunjukkan hampir rata pada ujung diagram batang.

D. Penentuan Time Constant Sensor

Respon pada sensor adalah berupa *first-order-system* *respsn* atau biasa disebut respon sistem orde pertama. Respon ini dapat digunakan untuk menentukan *time constant* (τ), *time constant* dapat digunakan untuk mengetahui besar nilai puncak dari suatu pengukuran. *Time Constant* pada sistem yang mengalami peningkatan atau kenaikan adalah saat waktu respon dari sistem sudah mencapai atau mendekati 63.2% dari nilai puncak (K). Penentuan *time constant* ini menggunakan rentang suhu 23.25°C sampai dengan 49.75°C.

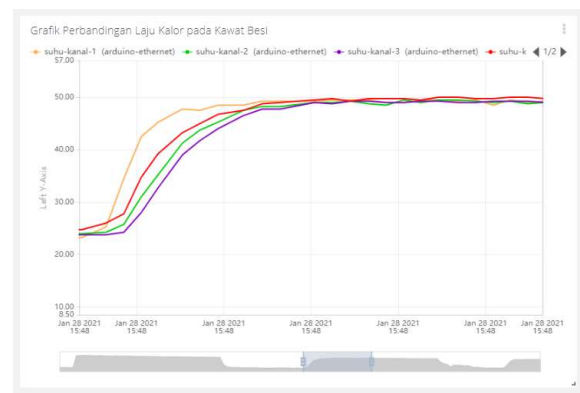
$$c(t) = K \times (1 - e^{(-\frac{t}{\tau})}) \quad (3)$$

Keterangan :

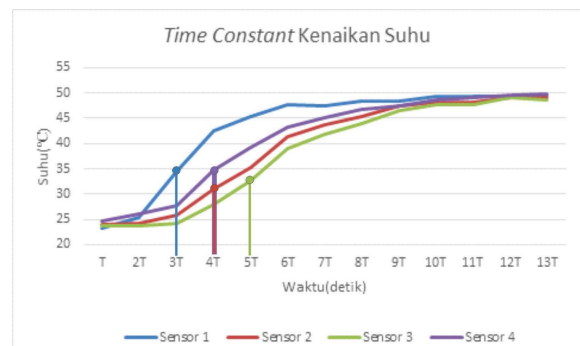
$c(t)$ = Step response dari sistem orde pertama (*increase*)

e = eksponensial (2.71828)

$t=T$ = time constant system



Gambar 12. Grafik Kenaikan Suhu pada Sensor dari Ubidots



Gambar 13. Plot Grafik Kenaikan Suhu pada Sensor

Gambar 12 dan gambar 13 merupakan grafik pengukuran pada saat suhu mengalami kenaikan. Rincian data pengukuran dapat dilihat pada tabel 5.

TABEL V. DATA WAKTU DAN SUHU PADA PROSES KENIKAN SUHU

Waktu (Detik)	Sensor 1 (°C)	Sensor 2 (°C)	Sensor 3 (°C)	Sensor 4 (°C)
T	23.25	24.00	23.75	24.75
2T	25.25	24.25	23.75	26.00
3T	34.50 ^a	25.75	24.25	27.75
4T	42.50	31.00 ^a	28.00	34.75 ^a
5T	45.25	35.25	32.75 ^a	39.25
6T	47.75	41.25	39.00	43.25
7T	47.50	43.75	41.75	45.00
8T	48.50	45.25	44.00	46.75
9T	48.50	47.50	46.50	47.50
10T	49.25	48.25	47.75	48.75
11T	49.25	48.25	47.75	49.00
12T	49.25	49.00	49.00	49.50
13T	49.50	49.00	48.75	49.75

^a Time Constant, T=2 detik

Pada tabel 5 disajikan data berupa waktu dan suhu pada proses pembacaan kenaikan suhu pada suatu media pengukuran. Pada sensor yang ada pada purwa rupa ini dapat diketahui *step response system* sebagai berikut :

$$K_1 = 49.5^{\circ}\text{C}$$

$$c(t)_1 = K \times (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

$$= 49.5 \times (1 - e^{-(-1)})$$

$$= 31.30^{\circ}\text{C} \approx 34.50^{\circ}\text{C}, T = 6 \text{ detik}$$

$$\tau = T \times 1 \text{ ms}$$

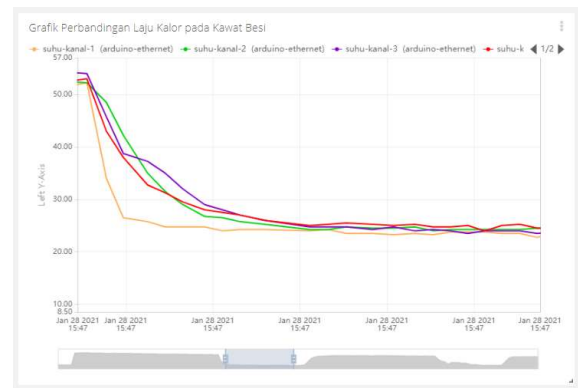
$$\tau = 6 \times 1 \text{ ms} = 0.006 \text{ ms}$$

(4)

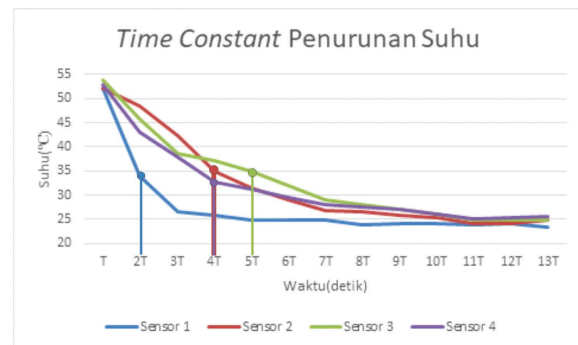
TABEL VI. TABEL TIME CONSTANT KENAIKAN SUHU

Sensor	K(°C)	c(t)	Time Constant (ms)
1	49.5	31.30~34.50	0.006
2	49	30.97~31.00	0.008
3	48.75	30.81~32.75	0.010
4	49.75	31.44~34.75	0.008

Berdasarkan tabel 6, dapat diketahui bahwa *time constant* tiap sensor cenderung memiliki selisih yang tidak terlalu besar. Jadi dapat dikatakan bahwa semua sensor memiliki kemiripan pada *time constant*.



Gambar 14. Grafik Penurunan Suhu pada Sensor dari Ubidots



Gambar 15. Plot Grafik Penurunan Suhu pada Sensor

Gambar 14 dan gambar 15 merupakan grafik pengukuran pada saat suhu mengalami kenaikan. Rincian data pengukuran dapat dilihat pada tabel 7.

TABEL VII. DATA WAKTU DAN SUHU PADA PROSES KENAIKAN SUHU

Waktu (Detik)	Sensor 1 (°C)	Sensor 2 (°C)	Sensor 3 (°C)	Sensor 4 (°C)
T	52.25	52.25	54.00	53.00
2T	34.00 ^a	48.50	45.75	43.00
3T	26.50	42.25	38.75	38.00
4T	25.75	35.00 ^a	37.25	32.75 ^a
5T	24.75	31.50	35.00 ^a	31.25
6T	24.75	29.00	32.00	29.50
7T	24.75	26.75	29.00	28.00
8T	24.00	26.50	28.00	27.50
9T	24.25	25.75	27	27
10T	24.25	25.25	26	26
11T	24.00	24.25	24.75	25
12T	24.25	24.25	24.75	25.25
13T	23.50	24.75	24.75	25.5

^a Time Constant, T=2 detik

Pada tabel 7 disajikan data berupa waktu dan suhu pada proses pembacaan penurunan suhu pada suatu media pengukuran. *Time Constant* pada sistem yang mengalami penurunan adalah saat waktu respon dari sistem sudah mencapai atau mendekati 36.8% dari nilai puncak (K). Pada sensor yang ada pada purwa rupa ini dapat diketahui *step response system* sebagai berikut :

$$K_1 = 52.25^{\circ}\text{C}$$

$$c(t)_1 = K \times (1 - e^{(-\frac{t}{T})})$$

$$= 52.25 \times (1 - e^{(-1)})$$

$$= 33.44^{\circ}\text{C} \approx 34.00^{\circ}\text{C}, T = 4 \text{ detik}$$

$$\tau = T \times 1 \text{ ms}$$

$$\tau = 4 \times 1 \text{ ms} = 0.004 \text{ ms}$$

TABEL VIII. TABEL *TIME CONSTANT* KENAIKAN SUHU

Sensor	K(°C)	c(t)	Time Constant (ms)
1	52.25	33.44≈34.00	0.004
2	52.25	33.44≈35.00	0.008
3	54.00	34.13≈35.00	0.010
4	53.00	33.50≈32.75	0.008

Berdasarkan tabel 6 dan tabel 8, diketahui bahwa *time constant* pada sensor 1 antara sistem mengalami kenaikan dan penurunan memiliki selisih 0.002 ms. Pada ketiga sensor lainnya *time constant* pada sistem mengalami kenaikan dan penurunan memiliki waktu yang sama.

E. Pengukuran Laju Perpindahan Kalor

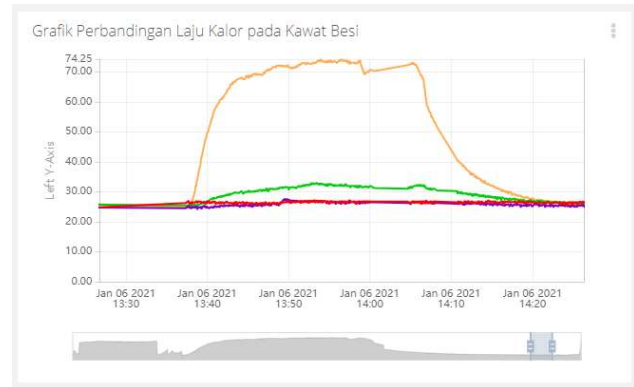
Pengukuran laju perpindahan kalor menggunakan metode konduksi. Metode kondisi ini merupakan metode yang menggunakan media perantara berupa kawat besi berdiameter 2 mm dan kawat tembaga berdiameter 1.5 mm. Pengujisn ini dilakukan dengan cara mengaitkan salah satu ujung dari kawat dengan sumber panas yang berasal dari solder, kemudian setiap sensor dipasang dengan jarak 2.5 cm. Metode pengukuran ini dapat dilihat pada gambar 16 dan gambar 17. Hasil pengujian ditampilkan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada gambar 18 dan gambar 19.



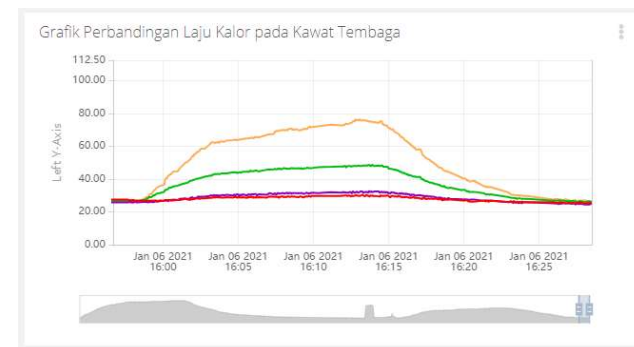
Gambar 16. Metode Pengukuran Laju Perpindahan Kalor dengan Kawat Besi



Gambar 17. Metode Pengukuran Laju Perpindahan Kalor dengan Kawat Tembaga



Gambar 18. Grafik Laju Perpindahan Kalor pada Kawat Besi



Gambar 19. Grafik Laju Perpindahan Kalor pada Kawat Tembaga

Pada gambar 18 menampilkan grafik laju perpindahan kalor pada kawat besi. Pada kawat besi yang digunakan ini memerlukan waktu ±60 menit untuk sensor 1 dari suhu ruangan menjadi suhu tinggi dan kembali lagi ke suhu ruangan. Sensor 2 membaca adanya kenaikan suhu yang tidak terlalu signifikan. Sedangkan sensor 3 dan sensor 4 grafik hasil pengukurannya cenderung berhimpit karena kalor tidak mencapai ujung kawat besi. Hal ini terjadi karena faktor suhu lingkungan sekitar dan faktor kemurnian dari bahan material kawat besi yang digunakan.

Grafik laju perpindahan kalor pada kawat tembaga ditampilkan pada gambar 19. Pada kawat tembaga yang digunakan ini memerlukan ±30 menit untuk sensor 1 dari suhu ruangan menjadi suhu tinggi dan kembali ke suhu ruangan. Pada sensor 2 membaca adanya kenaikan suhu mendekati setengah dari suhu yang dibaca oleh sensor 1. Sedangkan sensor 3 membaca sedikit perubahan suhu dari suhu ruangan. Sensor 4 hanya mengalami keniakn grafik yang sangat kecil.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan :

1. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah dapat memonitoring temperature pada suatu tempat ataupun pada suatu objek.
2. Rancang bangun ini menggunakan mikrokontroler Arduino MEGA 2560, Sensor *Thermocouple* MAX6675, *Ethernet Shield* W5100, dan *database cloud* Ubidots.
3. Hasil perbandingan pengukuran antara sensor dan termometer air raksa memiliki selisih. Selisih yang terdapat pada sensor memiliki rata-rata sebesar 0.93°C
4. *Time constant* pada keempat sensor memiliki perbedaan yang tidak terlalu signifikan. *Time constant* saat sensor membaca suhu kenaikan dan penurunan memiliki nilai yang sama, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mengukur penurunan dan kenaikan suhu akan sama.
5. Pengujian laju perpindahan kalor dilakukan menggunakan kawat besi dengan diameter 2 mm dan kawat tembaga dengan diameter 1.5 mm. Hasilnya, laju perpindahan kalor pada kawat tembaga lebih cepat dibandingkan dengan kawat besi. Hal ini dikarenakan tidak diketahuinya kemurnian bahan logam pada kawat besi dan kawat tembaga.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Listiari, Sustia. 2019. *Alat Ukur Suhu, Kelembaban dan pH Tanah Menggunakan Sensor DHT22 dan Sensor PH Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano*. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- [2] Bashori, Z., Sumardi, S., and Setiawan, I., 2013. Pengendalian Temperature Pada Plant Sederhana Electric Furnace Berbasis Sensor Thermocouple Dengan Metode Kontrol Pid. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*. Vol. 2(1), pp.1-8
- [3] Saputra, Muhammad Raka. 2020. *Telemonitoring Perburukan Gejala pada PDP Covid-19 Karantia Mandiri Berbasis IoT*. Tugas Akhir. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [4] Rahayu, Cindy Febriantika. 2020. *Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Listrik Berbasis Internet Of Things (Iot) Menggunakan Arduino Uno*. Malang : Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- [5] Mohammed, Noor Saleh, Nasir Hussein Selman. 2020. Home Energy Management and Monitoring Using Ubidots Platform. *Al-Furat Journal of Innovations in Electronics and Computer Engineering (FJIECE)*. 1(3):14-21.