


# Kalibrator Suhu dengan Thermocouple Dilengkapi Tampilan Grafik

Olivia Ratna Yunita#, Dyah Titisari, Torib Hamzah  
Departemen Electromedical Teknik Poltekkes Kemenkes, Surabaya  
Jl. Pucang Jajar Timur No. 10, Surabaya, 60245, Indonesia  
#oliviaratna510@gmail.com , ti2\_sari@yahoo.com , toribhamzah@yahoo.com

Info Artikel	Abstrak
<b>Sejarah Artikel:</b> Diterima Apr 9, 2020 Revisi 20 Mei 2020 Terbit April 29, 2021	<p>Alat kalibrator suhu diperlukan untuk mengetahui pemerataan suhu didalam ruangan sterilisator kering karena proses sterilisasi menggunakan panas kering memerlukan waktu yang cukup lama dan suhu tinggi untuk mendistribusikan panas secara merata. Penelitian ini bertujuan untuk untuk mengembangkan alat kalibrator suhu sebagai penyempurnaan alat yang dibuat sebelumnya dengan dilengkapi tampilan grafik secara realtime pada komputer. Kontribusi penelitian ini sistem dapat melakukan pemantauan beberapa sensor yang melakukan pengukuran suhu secara bersamaan dengan menggunakan tampilan grafik secara realtime. Alat yang peneliti buat menggunakan sensor thermocouple tipe-K untuk membaca suhu kemudian data diproses dengan minimum system ATmega328 untuk ditampilkan pada LCD karakter 4x20 dan dikirim ke komputer secara wireless melalui bluetooth HC-05. Data yang diterima akan diintegrasikan ke spreadsheet Excel dengan aplikasi PLQ-DAQ untuk diolah menjadi grafik secara realtime. Perbandingan sementara pada suhu ruangan antara modul alat dengan multimeter berparameter suhu menghasilkan error terkecil sebesar 10.9% dan error terbesar sebesar 14.9%.</p> <p>The temperature calibrator tool is used to determine the temperature distribution in the dry sterilizer room because the sterilization process using dry heat takes a long time and a high temperature to disperse heat evenly. This research aims to create a temperature calibrator as a refinement of previously developed tools equipped with a real-time graphic display on a monitor. The system can monitor multiple sensors that take temperature measurements simultaneously using real-time graphical displays, which is a contribution of this research. The researchers created a tool that reads the temperature with a K-type thermocouple sensor, then processes the data with the ATmega328 minimum device to be displayed on a 4x20 character LCD and wirelessly transmitted to a computer via Bluetooth HC-05. The obtained data will be integrated into an Excel spreadsheet with the PLQ-DAQ program and processed into real-time charts. Temporary room-temperature comparisons between the tool module and the temperature parameter multimeter yield the smallest error of 10.9 percent and the highest error of 14.9 percent.</p>
<b>Kata kunci:</b> Sterilisasi Suhu Thermocouple Wireless PLQ-DAQ	
<b>Penulis korespondensi:</b> Torib Hamzah Departemen Electromedical Teknik Poltekkes Kemenkes, Surabaya Jl. Pucang Jajar Timur No. 10, Surabaya, 60245, Indonesia Email: Toribhamzah@gmail.com	<p>This work is an open-access article and licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (<a href="https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/">CC BY-SA 4.0</a>).</p> 

## I. PENDAHULUAN

Pada sterilisator kering proses sterilisasi memanfaatkan udara panas kering akan dapat membunuh mikroorganisme pada peralatan medis yang akan disterilkan dengan proses oksidasi[1]. Penggunaan udara panas kering pada sterilisasi membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mencapai suhu sterilisasi, dan suhu yang diperlukan untuk sterilisasi lebih tinggi daripada sterilisasi dengan uap yaitu hingga suhu 170 °C [2]. Semakin tinggi suhu sterilisasi, maka akan semakin cepat proses sterilisasi. Namun dikhawatirkan akan merusak bahan

atau alat yang disterilasi[3]. Sterilisator yang sering digunakan dalam waktu lama dengan suhu yang tinggi dikhawatirkan kinerja alat akan menurun dan menyebabkan gangguan siklus suhu saat sterilisasi berlangsung hingga dikhawatirkan terjadi kegagalan pada proses penyeterilan[4]. Untuk itu sterilisator perlu untuk dilakukan proses kalibrasi guna mengetahui keseragaman suhu di dalam ruangan dan sebagai acuan untuk menentukan kelayakan sterilisator untuk tujuan pemakaian tertentu[5]. Cara kerja dari alat kalibrasi suhu adalah dengan menggunakan sensor *thermocouple* yang dimasukkan kedalam alat yang akan diukur kemudian hasil

suhunya akan terbaca[6]. *Thermocouple* adalah sensor ukur yang menghasilkan perubahan tegangan karena perbedaan suhu relatif antara junction dua logam yang berbeda dan output junction, dimana satu logam sebagai referensi dan logam lainnya sebagai pengukur suhu[7]. Pada penelitian ini digunakan sensor *thermocouple* tipe-k karena dapat melakukan pembacaan suhu mendekati linear dengan rentang suhu -200 sampai 1250 °C[7]. Menurut panduan kalibrasi yang mengacu kepada dokumen AS 2853 1986: Enclosure-Temperature-controlled-performance testing and grading, pengukuran suhu dilakukan pada lokasi-lokasi titik ukur tertentu di dalam daerah kerja (*working space*) sterilisator selama 1 jam atau 5 siklus terhitung setelah tercapai suhu yang stabil[8]. Hasil pengukuran suhu yang menggunakan beberapa sensor pada titik yang berbeda tersebut juga harus tetap dipantau (*monitoring*) untuk melihat apakah terjadi lonjakan suhu ekstrim. Untuk memudahkan pemantauan akan lebih baik jika dapat ditampilkan secara *realtime* menggunakan grafik sehingga dapat dilakukan pemantauan suhu yang dibaca oleh beberapa sensor tersebut secara bersamaan.

Pada tahun 2017 alat dikembangkan oleh Aviliana Kusuma Bintari dengan judul "Alat Kalibrasi Suhu dengan *Thermocouple* dan *Thermohyrometer* dilengkapi Penyimpanan data". Alat kalibrator suhu yang dibuat menggunakan sensor suhu berupa *thermocouple* dan *thermohyrometer* dengan menggunakan sensor SHT11 untuk mendeteksi kelembapan ruangan dengan melengkapi penyimpanan data pada alat menggunakan memory EEPROM. Namun pada alat tersebut masih belum dilengkapi tampilan grafik [9]. Kemudian Pada tahun 2019 Syafiq Naufal Syayakti melakukan penelitian berjudul "Kalibrator Sterilisator 4 Channel" membuat alat kalibrator suhu dengan menggunakan 4 sensor *thermocouple* dikhususkan untuk melakukan pengukuran pada sterilisator kering. Menggunakan modul MAX6675 untuk menguatkan keluaran sensor *thermocouple* dan arduino nano sebagai pengolah data ditampilkan pada LCD karakter 4x20, namun pada penelitian ini belum dilengkapi *data logger* dan tampilan grafik[10]. Kemudian pada tahun yang sama, tahun 2019 Rizkiyatussani melakukan penelitian dengan judul "Kalibrator Suhu (5 Channel) dengan *Thermocouple* Dilengkapi dengan Penyimpanan Data". membuat alat kalibrator suhu dengan 5 sensor *thermocouple* tipe-k dan dapat melakukan penyimpanan data pada micro SD card. Hasil suhu ditampilkan pada LCD 4x20 dan diproses menggunakan Arduino UNO. Mikro SC card akan melakukan penyimpanan data saat tombol *save* ditekan sehingga dapat dijadikan penyimpanan data cadangan. Namun penggunaan micro SD card kurang efektif karena penyimpanan data masih manual dengan cara pengguna menekan tombol *save* pada waktu sterilisasi berlangsung, sehingga pengguna harus benar-benar memantau hasil pengukuran ketika ingin melakukan penyimpanan data[11]. Pada tahun 2015 Muhammad Rizal Fachri,dkk melakukan penelitian dengan judul "Pemantauan Parameter Panel Surya Berbasis Arduino secara Real Time". Beliau berhasil membuat sistem pemantauan kinerja panel surya yang dirancang dilengkapi dengan sensor pengukur arus dan tegangan, dengan sistem akuisisi data yang diintegrasikan

ke spreadsheet Excel menggunakan program aplikasi PLX-DAQ dan kartu memori sebagai penyimpan data cadangan. Perancangan sistem berbasis mikrokontroler Arduino Atmega 328P dan dihubungkan ke komputer melalui port serial RS232. [12]. Pada tahun 2018 Hammoumi melakukan penelitian dengan judul "Low-cost virtual instrumentation of PV panel characteristics using Excel and Arduino in comparison with traditional instrumentation" dibuatlah sistem akuisisi data dengan sensor arus dan tegangan berbiaya rendah, dan data disajikan dalam Excel dengan menggunakan akuisisi data PLX-DAQ Excel Macro, yang memungkinkan komunikasi antara Mikrokontroler ATmega328 dari papan Arduino UNO dan komputer dengan bus UART. Karenanya, karakteristik  $I - V$  dan  $P - V$ , yang diproses dalam kondisi waktu nyata, dapat diperoleh secara langsung dan diplot pada lembar kerja Excel tanpa perlu memprogram ulang mikrokontroler [13].

Berdasarkan identifikasi masalah tersebut, maka penulis akan membuat alat kalibrator suhu dengan menggunakan 5 sensor *thermocouple* dilengkapi tampilan grafik secara *realtime* pada PC serta pengiriman data dilakukan secara *wireless*.

## II. BAHAN DAN METODE

### A. Pengaturan eksperimen

Penelitian ini menggunakan 5 sensor termokopel tipe-k untuk sementara melakukan pengukuran suhu pada suhu ruang dengan pengambilan data sebanyak 6 kali saat suhu stabil.

#### 1) Bahan dan Alat

Penelitian ini menggunakan 5 sensor termokopel tipe-k sebagai pengukur suhu. *Thermocouple* dihubungkan dengan modul MAX6675 untuk dikonversi menjadi data digital. Rangkaian *minimum system* ATmega328 digunakan sebagai pengolah data yang diterima dari MAX6675. LCD karakter 4x20 digunakan menampilkan hasil. *Bluetooth* digunakan untuk pengiriman hasil data pada PC. PLQ-DAQ sebagai aplikasi pengintegrasian hasil data ke *Microsoft Excel*. Multimeter berparameter suhu digunakan sebagai pembandingan sementara dengan modul alat yang dibuat.

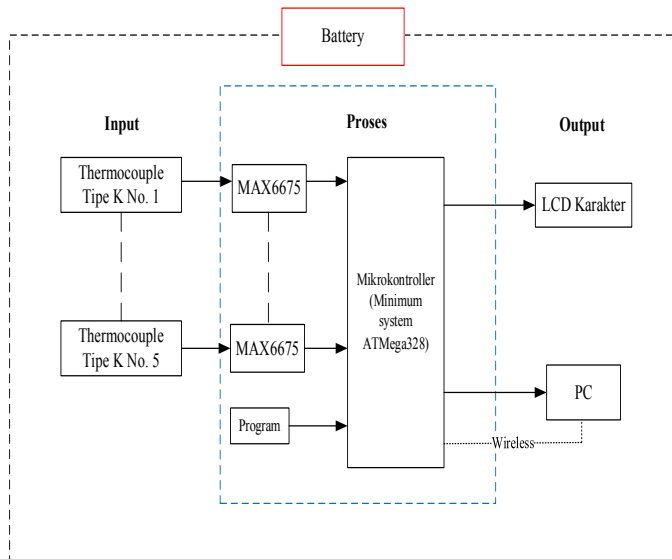
#### 2) Eksperimen

Dalam penelitian ini, peneliti menyusun modul yang dapat melakukan pengukuran suhu menggunakan sensor *thermocouple* tipe-k. Hasil pembacaan suhu ditampilkan pada LCD karakter dan dikirim ke PC secara *wireless* dengan *bluetooth* HC-05. Hasil data yang diterima PC akan diintegrasikan pada spreadsheet Excel melalui aplikasi PLX-DAQ. Peneliti membandingkan hasil pengukuran modul dengan multimeter berparameter suhu pada suhu ruangan.

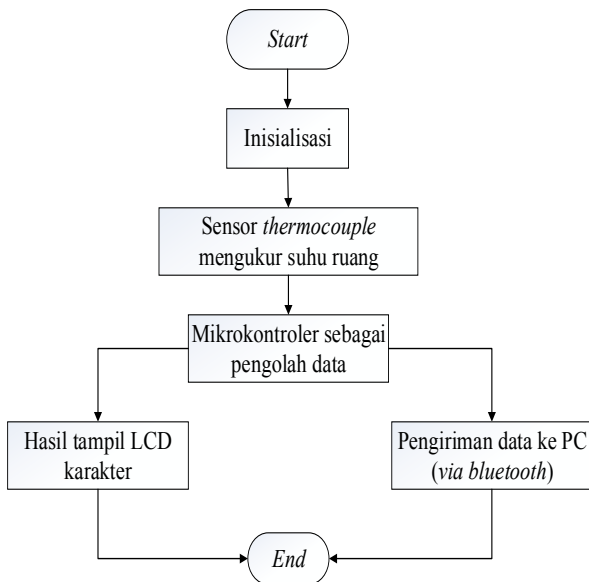
### B. Blok diagram

Tekan saklar power dalam posisi On maka seluruh rangkaian akan mendapatkan tegangan dari baterai. Pada modul ini, input didapatkan pada 5 sensor *thermocouple* tipe-k yang akan melakukan pembacaan suhu dihubungkan dengan modul MAX6675 untuk dilakukan penguatan tegangan dan mengubah output kedalam data digital. Kemudian data digital diinputkan pada mikrokontroller *minimum system* ATmega328 untuk diproses dengan suatu program. Data yang telah diproses akan

ditampilkan pada LCD karakter 4x20 yang menampilkan hasil data pengukuran suhu dan data akan dikirim secara wireless dengan bluetooth HC-05 pada PC untuk dilakukan pengolahan tampilan data grafik (Gambar 1.)



Gambar 1. Blok Diagram

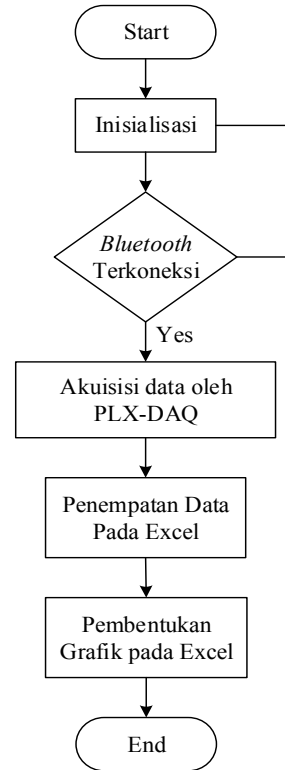


Gambar 2. Diagram Alir pada Alat

C. Diagram Alir

Program Arduino pada alat didasarkan pada diagram alur seperti yang ditunjukkan pada Gambar. 2 Setelah alat dihidupkan akan dilakukan inisialisasi program pada mikrokontroler sehingga sensor thermocouple dapat melakukan pengukuran suhu. Kemudian data hasil pengukuran

diproses oleh mikrokontroler yang nantinya akan ditampilkan pada LCD karakter berupa hasil pengukuran. dan dilakukan pengiriman data hasil pengukuran ke PC secara wireless dengan bluetooth HC-05. Pada Gambar. 3. Setelah dilakukan inisialisasi, alat akan mengirim data pembacaan suhu melalui bluetooth ke komputer, komputer sebagai receiver perlu dihubungkan dengan bluetooth pada alat. Setelah bluetooth terhubung, akan dilakukan akuisisi data oleh PLX-DAQ untuk diintegrasikan pada Microsoft Excel hingga data dapat ditempatkan pada spreadsheet Excel, kemudian data akan diolah menjadi grafik secara realtime.



Gambar 3. Diagram Alir pada PC

D. Rangkaian

Bagian penting dari alat ini adalah rangkaian analog yang diilustrasikan pada Gambar. 4 (rangkaiannya MAX6675). Rangkaian beberapa modul ini digunakan untuk memproses output suhu kedalam data digital untuk diproses dengan minimum system Atmega328.

1) MAX6675

Modul MAX6675 terdiri dari 5 pin yaitu sebagai berikut [14]:

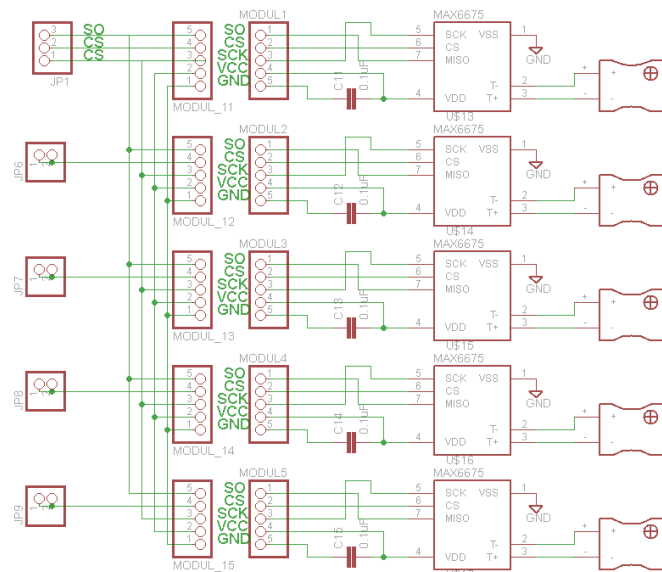
SO : merupakan pin output data pembacaan sensor yang dikirimkan ke mikrokontroler.

CS : pada posisi low dan mendapatkan kiriman clock, maka modul akan melakukan pembacaan data, dan akan mengakhiri pembacaan ketika CS kembali high.

SCK : merupakan pin yang membawa informasi *clock* antara modul dan pengontrolnya.

VCC: pin pada modul yang tersambung dengan tegangan positif.

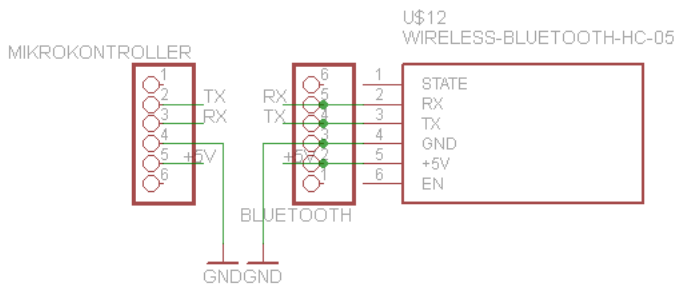
GND : pin pada modul yang tersambung dengan *ground*.



Gambar 4. Rangkaian MAX6675

2) Bluetooth Module

Pada Gambar. 5 modul *Bluetooth* yang digunakan dalam alat ini adalah *Bluetooth* HC-05. Modul *Bluetooth* digunakan untuk mengirimkan data hasil pembacaan suhu ke komputer. Modul *Bluetooth* terhubung ke mikrokontroler dengan menghubungkan pin TX mikrokontroler ke pin *Bluetooth* RX dan sebaliknya, pin RX mikrokontroler ke pin *Bluetooth* TX.

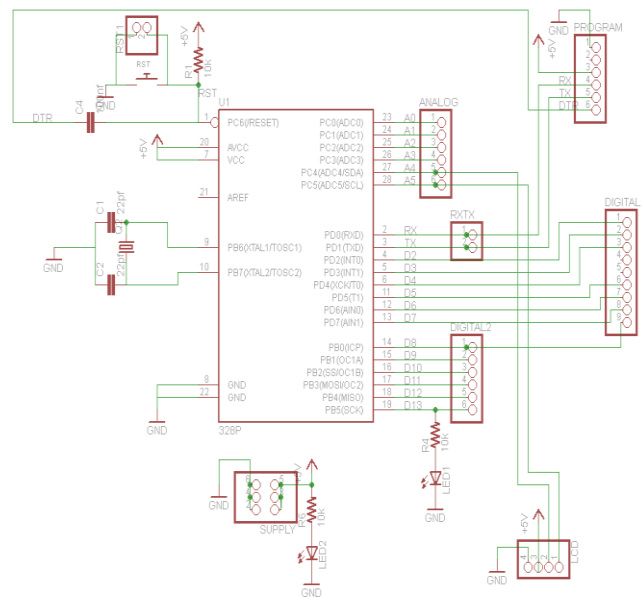


Gambar 5. Koneksi Bluetooth

3) Mikrokontroler

Rangkaian mikrokontroler menggunakan IC ATmega328 diperlihatkan dalam Gambar. 6 digunakan untuk memproses data keluaran dari masing-masing sensor. Serta digunakan untuk pemrograman dan transmisi data dengan *Bluetooth*.

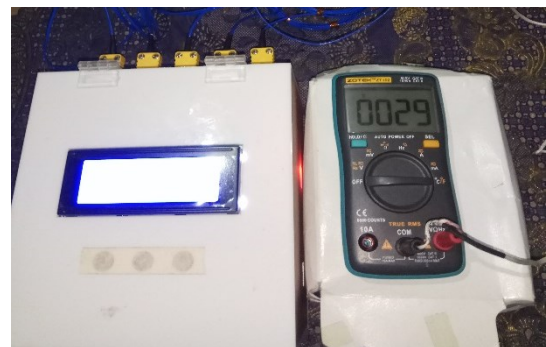
Output dari rangkaian modul MAX6675 akan dihubungkan ke pin digital 7 -13 mikrokontroler.



Gambar 6. Microcontroller

III. HASIL

Dalam penelitian ini, sementara modul diuji dengan membaca suhu pada suhu ruang dan membandingkan hasilnya dengan multimeter berparameter suhu (Zotek Tipe ZT102)(Gambar. 7).

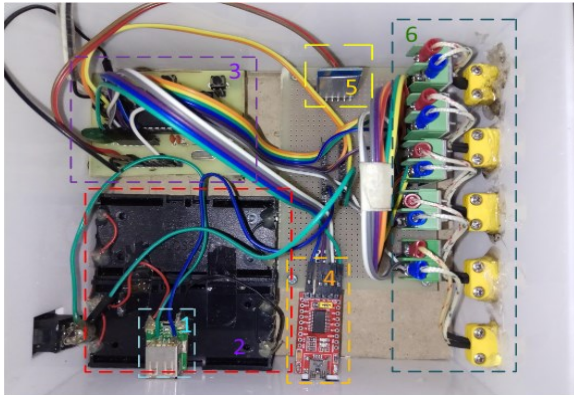


Gambar 7. Desain Kalibrator Suhu

1) Desain Kalibrator Suhu

Pada Gambar. 8 alat kalibrator suhu ini menggunakan baterai *type* 18650 (2) sebagai sumber tegangan. Baterai dapat diisi ulang dayanya menggunakan modul charger *step up* (modul *power bank*) (1) dengan menyambungkan ke sumber tegangan DC 5V melalui USB *micro*. Tegangan baterai yang awalnya 3,7 V dengan modul *step up* akan distabilkan dan di naikkan sebesar 5V yang sesuai dengan tegangan spesifikasi kebutuhan komponen. Mikrokontroler berupa *Minimum System* ATmega328 (3) digunakan untuk mengolah data hasil pengukuran suhu yang diinputkan dari modul MAX6675 (6).

Untuk mempermudah penguploadan program Minimum System ATmega328 dihubungkan dengan external programmer berupa FTDI USB (4). Alat ini juga dilengkapi *bluetooth* HC-05 (5) sebagai transmitter data hasil pengukuran ke PC.



Gambar 8. Desain Rangkaian Modul

### 2) Listing Program Pembacaan Suhu oleh Thermocouple dalam Celcius

Pada Listing program 1. Merupakan program untuk mengatur dan menampilkan pembacaan suhu Celcius dari sensor termokopel pada 5 titik sesuai dengan koordinat pada LCD karakter.

Listing program 1. Program Pembacaan Suhu oleh Thermocouple dalam Celcius

```
void loop()
{
  suhu1 = thermocouple1.readCelsius();
  suhu2 = thermocouple2.readCelsius();
  suhu3 = thermocouple3.readCelsius();
  suhu4 = thermocouple4.readCelsius();
  suhu5 = thermocouple5.readCelsius();

  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("T1=");
  lcd.print(suhu1, 2);

  lcd.setCursor(0, 2);
  lcd.print("T2=");
  lcd.print(suhu2, 2);

  lcd.setCursor(0, 3);
  lcd.print("T3=");
  lcd.print(suhu3, 2);
```

```
Serial.println(thermocouple3.readCelsius());

  lcd.setCursor(11, 1);
  lcd.print("T4=");
  lcd.print(suhu4, 2);

  lcd.setCursor(11, 2);
  lcd.print("T5=");
  lcd.print(suhu5, 2);

  delay(3000);
  //}
```

### 3) Listing Pengiriman Data ke Komputer

Listing Program 2. merupakan listing pemrograman untuk mengirimkan data serial pembacaan suhu ke komputer secara *wireless* menggunakan *bluetooth* untuk kemudian diolah dengan PLX-DAQ menjadi data grafik pada Excel.

#### Listing Program 2. Program Pengiriman Data ke komputer

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <max6675.h>

#define rxPin 4
#define txPin 3
SoftwareSerial bluetooth( rxPin, txPin);
float suhu1;
float suhu2;
float suhu3;
float suhu4;
float suhu5;

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  bluetooth.begin(115200);
  Serial.println("CLEARDATA");

  Serial.println("LABEL,Sensor1,Sensor2,Sensor3,Sensor4,Sensor5");
  Serial.println("RESETTIMER");
  delay(3000);
}

void loop()
{
  suhu1 = thermocouple1.readCelsius();
  suhu2 = thermocouple2.readCelsius();
  suhu3 = thermocouple3.readCelsius();
  suhu4 = thermocouple4.readCelsius();
  suhu5 = thermocouple5.readCelsius();
```

```

Serial.print("DATA");
Serial.print(",");
bluetooth.print("DATA");
bluetooth.print(",");

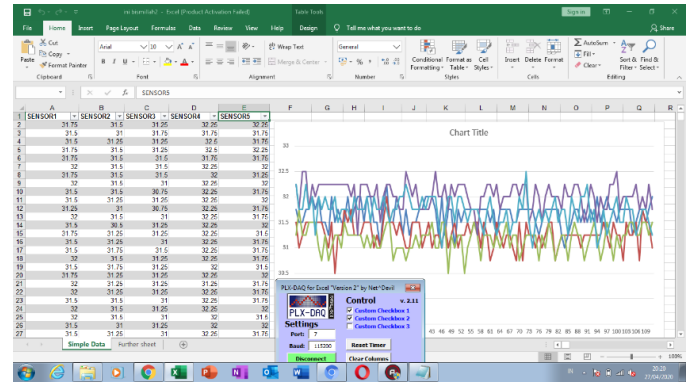
Serial.print(suhu1);
Serial.print(",");
bluetooth.print(suhu1);
bluetooth.print(",");
Serial.println(thermocouple1.readCelsius());

Serial.print(suhu2);
Serial.print(",");
bluetooth.print(suhu2);
bluetooth.print(",");
Serial.println(thermocouple2.readCelsius());

Serial.print(suhu3);
Serial.print(",");
bluetooth.print(suhu3);
bluetooth.print(",");
Serial.println(thermocouple3.readCelsius());

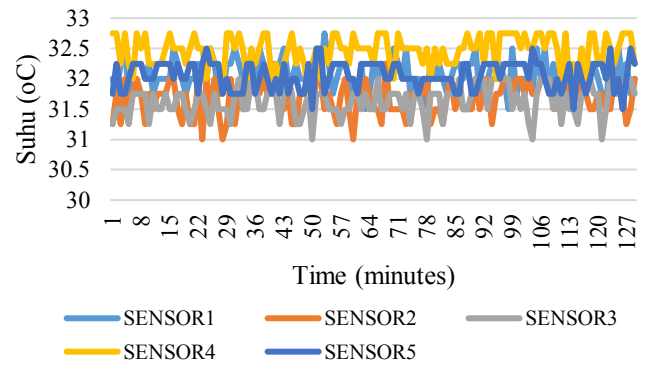
Serial.print(suhu4);
Serial.print(",");
bluetooth.print(suhu4);
bluetooth.print(",");
Serial.println(thermocouple4.readCelsius());

Serial.print(suhu5);
bluetooth.println(suhu5);
Serial.println(thermocouple5.readCelsius());
delay(3000);
//}
    
```



Gambar 9. Lembar Microsoft Excel saat Pengukuran

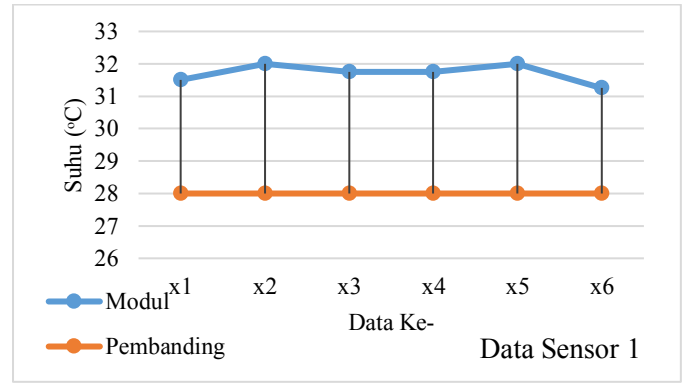
Pada Gambar. 10 merupakan bentuk grafik pemantauan 5 sensor *thermocouple* secara realtime. Pada sumbu Y merupakan suhu yang diukur dan sumbu X merupakan kolom saat terjadinya pengukuran.



Gambar 10. Bentuk Grafik Pemantauan

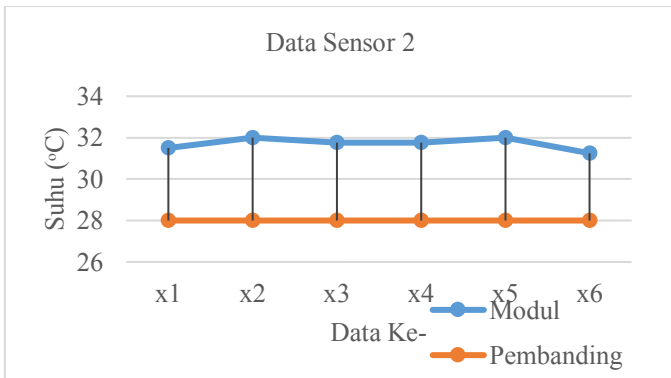
5) *Pembandingan Pembacaan Suhu Modul dengan Pembandingan Secara Grafik*

Berikut ini adalah hasil perbandingan kesalahan pada modul dengan perangkat pembandingan pada suhu ruangan:

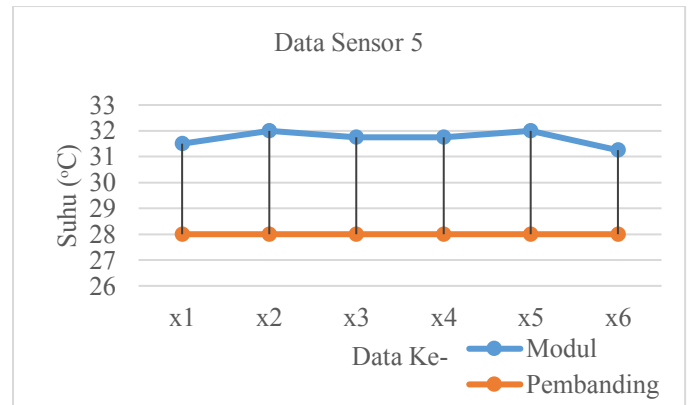


Gambar 11. Grafik Pembandingan pada T1

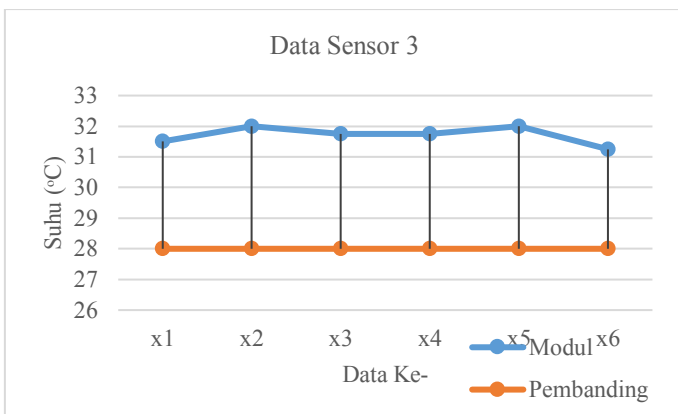
4) *Tampilan Data Grafik pada Microsoft Excel*  
 Gambar. 9 merupakan tampilan lembar *Microsoft Excel* saat pengukuran berlangsung pada suhu ruangan. Sistem bekerja dengan menghubungkan komputer dengan bluetooth modul. Setelah tersambung buka lembar *Microsoft Excel* yang telah diinputkan PLX-DAQ. Masukkan port serial dan *baudrate bluetooth* alat. Klik tombol "connect" maka data akan masuk dalam tabel *spreadsheet Excel* secara realtime setiap 3 detik serta secara bersamaan dilakukan *plotting* data ke bentuk grafik secara *realtime*.



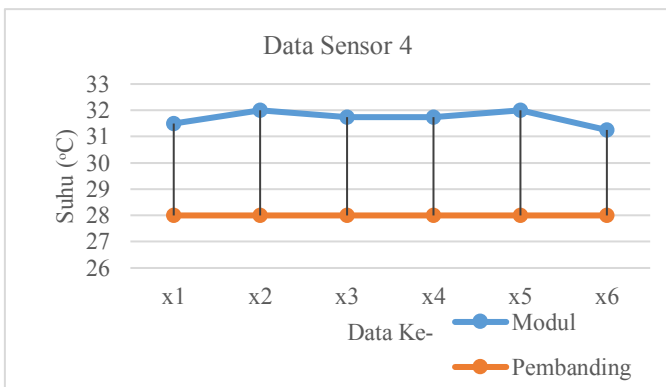
Gambar 12. Grafik Pembandingan pada T2



Gambar 15. Grafik Pembandingan pada T5



Gambar 13. Grafik Pembandingan pada T3



Gambar 14. Grafik Pembandingan pada T4

6) *Error nilai Suhu*

Validasi nilai suhu ditunjukkan dengan membandingkan hasil tampilan LCD modul dengan alat pembanding. Kesalahan ditunjukkan pada Tabel I.

TABEL I. ERROR PENGUKURAN ANTARA MODUL DENGAN ALAT PEMBANDING

Channel	Error (%)
1	12.6%
2	11.5%
3	10.9%
4	14.9%
5	13.3%

Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan multimeter berparameter suhu sebagai alat perbandingan diperoleh hasil yang berbeda. Nilai yang error terkecil adalah 10.9% dan terbesar adalah 14.9%.

IV. DISKUSI

Berdasarkan hasil diskusi dan tujuan membuat modul, didapatkan rangkaian dan program dapat membaca suhu serta program mikrokontroler bisa memproses data yang akan ditampilkan pada karakter LCD dan dikirim ke komputer melalui *bluetooth*. Dengan menggunakan aplikasi PLX-DAQ dapat membantu menampilkan data grafik pada komputer. Pada pengujian hasil antara modul dan alat ukur, memiliki kesalahan yang masih besar dan lebih dari kisaran toleransi yaitu 10%. Untuk saat ini alat belum memenuhi kriteria kalibrator suhu yang baik.

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah menunjukkan perkembangan sterilisasi kalibrator dengan ditampilkan hasil dalam bentuk grafik untuk membantu pemantauan secara *realtime*. Penelitian ini dibuat dengan mikrokontroler minimum system

ATMega328 dan beberapa modul untuk memproses data. Penelitian ini telah membuktikan bahwa modul memiliki akurasi yang tidak mungkin digunakan sebagai kalibrator suhu, karena pembacaan suhu terlalu besar. Di masa depan, ini studi diharapkan menggunakan rangkaian modul yang lebih baik dan menggunakan modul yang dapat melakukan pembacaan suhu dengan hasil data yang lebih kecil. Untuk tampilan grafik pemantauan perlu dilakukan penyempurnaan dengan menambahkan waktu pengukuran.

doi: 10.17529/jre.v11i3.2356.

- [13] A. El Hammoumi, S. Motahhir, A. Chalh, A. El Ghzizal, and A. Derouich, "Low - cost virtual instrumentation of PV panel characteristics using Excel and Arduino in comparison with traditional instrumentation," *Renewables Wind. Water, Sol.*, 2018, doi: 10.1186/s40807-018-0049-0.
- [14] Maxim Integrated, "MAX6675 Datasheet," p. 8, 2014, [Online]. Available: [www.maximintegrated.com](http://www.maximintegrated.com).

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Ma'at, *Sterilisasi dan Disinfeksi*, Cetakan 1. Airlangga University Press, 2009.
- [2] E. M. DARMADY, K. E. HUGHES, J. D. JONES, D. PRINCE, and W. TUKE, "Sterilization by dry heat.," *J. Clin. Pathol.*, vol. 14, pp. 38-44, 1961, doi: 10.1136/jcp.14.1.38.
- [3] P. E. S. Richman, "METHOD AND APPARATUS FOR SURFACE STERILIZATION," no. 19, 1973.
- [4] G. Havrilla, "Troubleshooting Steam Sterilization Process Failures," *Infect. Control*, no. October, 2005.
- [5] "Panduan Kalibrasi Oven (," pp. 1-9, 2011.
- [6] M. Sofyan, A. Pudji, and Syaifuddin, "Alat Kalibrasi Suhu dengan Thermocouple dilengkapi Thermohygrometer," pp. 1-8, 2016.
- [7] M. E. Hathaway, R. B., Pan, J. & Barkey, "Transducers and Data Acquisition. Fatigue Testing and Analysis," pp. 1-56, 2005.
- [8] "AS 2853-1986 Enclosures - Temperature-controlled - Performance testing and grading. New South Wales: STANDARDS AUSTRALIA (STANDARDS ASSOCIATION OF AUSTRALIA)."
- [9] A. Bintari, "Kalibrator Suhu dengan Thermocouple dan Thermohygrometer Dilengkapi Penyimpanan Data," no. 2013, pp. 0-5, 2017.
- [10] S. Naufal Syayakti and E. Dian Setioningsih, "Indonesian Journal of Electronics, Electromedical, and Medical Informatics (IJEEEMI) 64 4 Channel Sterilizer Calibrator," *Ijeemi*, vol. 1, no. 2, pp. 65-70, 2019, doi: 10.35882/ijeemi.v1i2.4.
- [11] Rizkiyatussani, Her Gumiwang Ariswati, and Syaifudin, "Five Channel Temperature Calibrator Using Thermocouple Sensors Equipped With Data Storage," *J. Electron. Electromed. Eng. Med. Informatics*, vol. 1, no. 1, pp. 1-5, 2019, doi: 10.35882/ijeemi.v1i1.1.
- [12] M. R. Fachri, I. D. Sara, and Y. Away, "Pemantauan Parameter Panel Surya Berbasis Arduino secara Real Time," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 11, no. 4, p. 123, 2015,