



Rancang Bangun Sistem Pengukuran Alat *Thermobath* sebagai Alat Kalibrasi Temperatur dengan Sistem Arduino Uno

Design and Manufacture a Thermobath Measurement System as a Temperature Calibration Tool with Arduino Uno Sistem System

Yogatama Wishnu Pandu Prayudha*, Sayid Muhammad Fadhil dan Sentot Novianto

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 11440, Indonesia

Informasi artikel

Diterima:
26/10/2021
Direvisi:
01/12/2021
Disetujui:
06/12/2021

Abstract

A thermobath cooler is a device that contains water or other liquid as a coolant that can maintain a constant temperature. The control system designed in this study uses a K-type thermocouple temperature sensor and pressure transmitter microcontroller-based, namely Arduino Uno to be able to produce temperature and pressure measurement data on the thermobath through the software PLX-DAQ. This system thermobath requires a K-type thermocouple component and a pressure transmitter JYB-KO-H. Before being placed in the system thermobath, the K-type thermocouple and pressure transmitter are required to calibrate. Based on the results of the temperature and pressure calibration equation, the coefficient of determination (R^2) on the K-type thermocouple ranges from 0.9986 to 0.9998 and the coefficient of determination (R^2) at the pressure transmitter is 0.9994. With the calibration results, the design of measuring the tool thermobath as a temperature calibration tool with the Arduino system can be applied to the cooling system thermobath.

Keywords: thermobath, calibration, pressure transmitter, Arduino, PLX-DAQ.

Abstrak

Pendingin *thermobath* merupakan sebuah alat yang berisi air atau cairan lain sebagai pendingin yang dapat menjaga temperatur secara konstan. Sistem kontrol yang dirancang dalam penelitian ini menggunakan sensor temperatur termokopel tipe-K dan *pressure transmitter* berbasis mikrokontroler yaitu Arduino Uno untuk dapat menghasilkan data pengukuran temperatur dan tekanan pada *thermobath* melalui *software* PLX-DAQ. Sistem *thermobath* ini membutuhkan komponen termokopel tipe-K dan *pressure transmitter* JYB-KO-H. Sebelum ditempatkan di sistem *thermobath*, termokopel tipe-K dan *pressure transmitter* diwajibkan melakukan kalibrasi. Berdasarkan hasil persamaan kalibrasi temperatur dan tekanan didapat koefisien determinasi (R^2) pada termokopel tipe-K dengan rentang 0,9986 s.d. 0,9998 dan koefisien determinasi pada (R^2) pada *pressure transmitter* adalah 0,9994. Dengan hasil kalibrasi tersebut maka rancang bangun pengukuran alat *thermobath* sebagai alat kalibrasi temperatur dengan sistem Arduino dapat di aplikasikan ke sistem pendingin *thermobath*.

Kata Kunci: *thermobath, kalibrasi, pressure transmitter, Arduino, PLX-DAQ.*

*Penulis Korespondensi. Tel: -; Handphone: +62 857 7631 4433
email: yogatama.wishnu@gmail.com



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi seperti sekarang ini disadari banyak ditemukan perangkat atau peralatan yang kerjanya terkendali dengan otomatis. Dikarenakan kebutuhan masyarakat semakin bertambah, maka banyak diciptakannya alat sistem kontrol yang lebih memudahkan pekerjaan manusia (Kurniawan, dkk., 2021). Sistem kontrol adalah alat atau seperangkat alat untuk memantau, mengelola, dan menyesuaikan keadaan sistem. Dengan kata lain sistem yang digunakan untuk mengontrol perangkat sesuai dengan kehendak manusia (Dahlan, 2017). Penggunaan mikrokontroler dalam sistem kontrol memberikan banyak keuntungan yakni dapat mempermudah proses pengontrolan data untuk mengetahui data pengukurannya oleh operator. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang dapat mengontrol temperatur secara otomatis pada *thermobath* (Hatmoko, dkk., 2018).

Reski Septiana (Septiana, dkk., 2019) melakukan percobaan menguji metode kalibrasi untuk sensor temperatur di cairan kerja yang berbeda. Hasil yang didapat dari percobaannya adalah stabilisasi dan kalibrasi sensor termokopel tipe MAX6675 dan termokopel tipe-K dalam membaca temperatur lingkungan diperlukan karena prinsip kerja termokopel. Dalam kondisi ambien, sambungan termokopel hampir tidak memiliki perbedaan temperatur, sehingga nilai yang diukur harus distabilkan sebagai dasar *offset nol*. Kondisi ambient yang mendekati *natural-steady state* dapat digunakan sebagai dasar untuk mengkalibrasi termokopel tipe-K yang dipasang pada sensor MAX6675 karena pada kondisi ini temperatur hanya sedikit berubah yang bermanfaat untuk kalibrasi. Proses kalibrasi menggunakan metode matematika sederhana seperti rata-rata, pemfilteran, dan pemasangan dapat digunakan untuk menstabilkan dan mengkalibrasi sensor. Proses rata-rata dan penyaringan meningkatkan ketepatan nilai yang diukur, sedangkan proses pemasangan mengurangi kesalahan sistematis. Dengan menggunakan metode yang diusulkan, $TC^* = TC - 1,31$, dan kondisi *natural steady-state* untuk mengkalibrasi sensor meningkatkan akurasi sensor

dari 4,9% menjadi 0,42% dalam membaca temperatur air ambien dan menjadi 0,61% dalam membaca temperatur udara sekitar, dengan rata-rata deviasi 0.12°C. Singkatnya, metode yang diusulkan dengan memanfaatkan mikroprosesor Arduino dapat digunakan untuk meningkatkan presisi dan akurasi termokopel tipe-K dan sensor MAX6675 dalam membaca nilai temperatur (Septiana, dkk., 2019).

Mohammad Rofi'I (Rofi'I, dkk., 2019) melakukan percobaan kalibrasi *waterbath* dengan sensor sembilan saluran. Hasil percobaan menggunakan sensor termokopel tipe K dan juga keluarannya ditampilkan ke LCD untuk memudahkan pengguna dalam mengambil data, alasan pemilihan sensor termokopel adalah karena tingkat kesalahannya +/- 1,1°C sedangkan LM35 adalah +/- 1,4°C. Sensor temperatur termokopel dapat mendeteksi temperatur ruang dengan cukup baik dimana didapatkan kesalahan dengan komparator 2%, dan kesalahan terendah adalah 0% (Rofi'I, dkk., 2019).

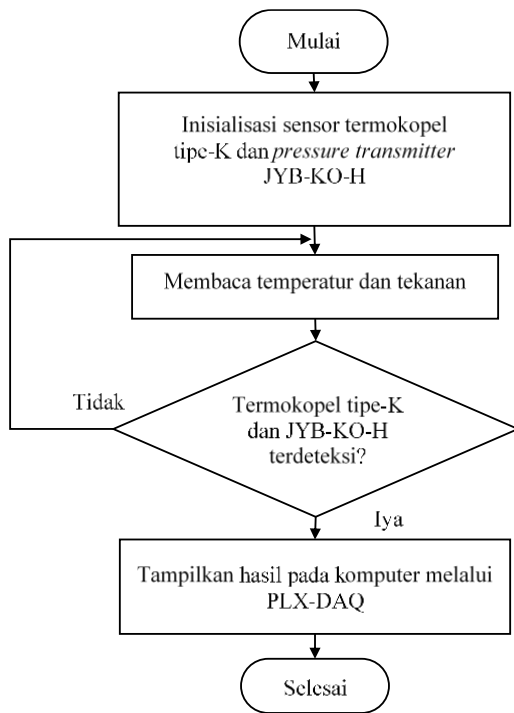
Berdasarkan dengan paparan di atas, perlu adanya pengembangan pendingin *thermobath* dengan berbasis mikrokontroler untuk dapat mengetahui pengukuran temperatur dan tekanan pada sistem *thermobath* menggunakan termokopel tipe-K dan *pressure transmitter* JYB-KO-H.

2. METODOLOGI

Dalam perancangan sistem pengukuran alat *thermobath* sebagai alat kalibrasi temperatur dengan sistem Arduino ini bertujuan supaya dapat mengembangkan pendingin *thermobath* menggunakan sensor termokopel tipe-K dan *pressure transmitter* berbasis mikrokontroler melalui *software* PLX-DAQ (Nurdianto, dkk., 2019). Dengan sistem pengukuran ini menggunakan sensor temperatur termokopel tipe-K dengan modul MAX 6675 dengan range pembacaan 0°C sampai dengan +1024°C dan MAX 31855 dengan range pembacaan -40°C sampai dengan +125°C dan untuk *pressure transmitter* menggunakan model JYB-KO-H dengan range pembacaan 0 MPa s.d. 35 MPa.

2.1. Diagram Alir Alat Ukur Temperatur dan Tekanan

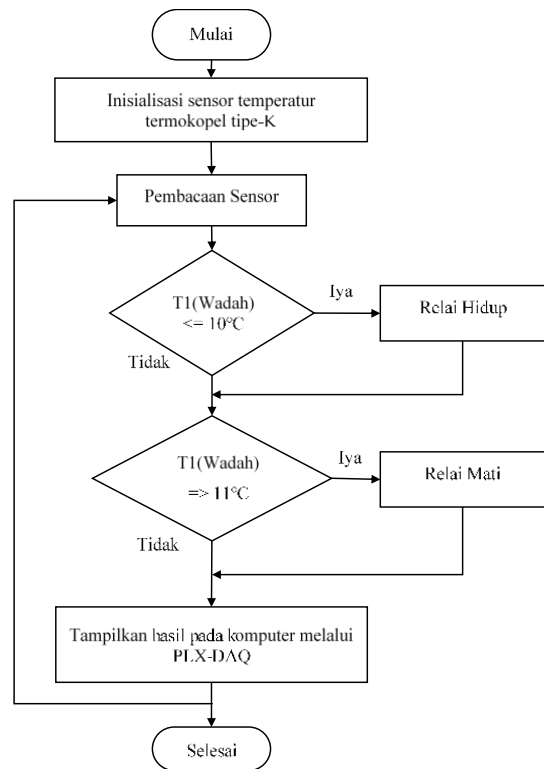
Alat ukur temperatur menggunakan sensor termokopel tipe-K dan alat ukur tekanan menggunakan sensor *pressure transmitter* JYB-KO-H. Diagram alir alat ukur temperatur dan tekanan ini diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir alat ukur temperatur dan tekanan

2.2. Diagram Alir Cara Kerja Sistem *Thermobath* untuk Kalibrasi Temperatur

Ketika *thermobath* mulai dinyalakan, sistem akan bekerja mendeteksi pengukuran temperatur termokopel tipe-K dan *pressure transmitter* di setiap titik yang sudah ditentukan kemudian hasil pengukuran akan ditampilkan di komputer melalui PLX-DAQ. Atur temperatur T_5 (wadah) $\leq 10^\circ\text{C}$ di software Arduino untuk mengaktifkan relai supaya aliran listrik pada pendingin *thermobath* putus dan atur temperatur T_5 (wadah) $\geq 11^\circ\text{C}$ untuk mematikan relai supaya aliran listrik pada pendingin *thermobath* hidup kembali. Dengan temperatur batas tersebut maka pada temperatur wadah akan konstan 11°C , dengan ini temperatur batas bisa kita atur supaya temperatur pada wadah sesuai yang diinginkan. Diagram alir cara kerja sistem dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir cara kerja sistem *thermobath* untuk kalibrasi temperatur

2.3. Skema Rangkaian

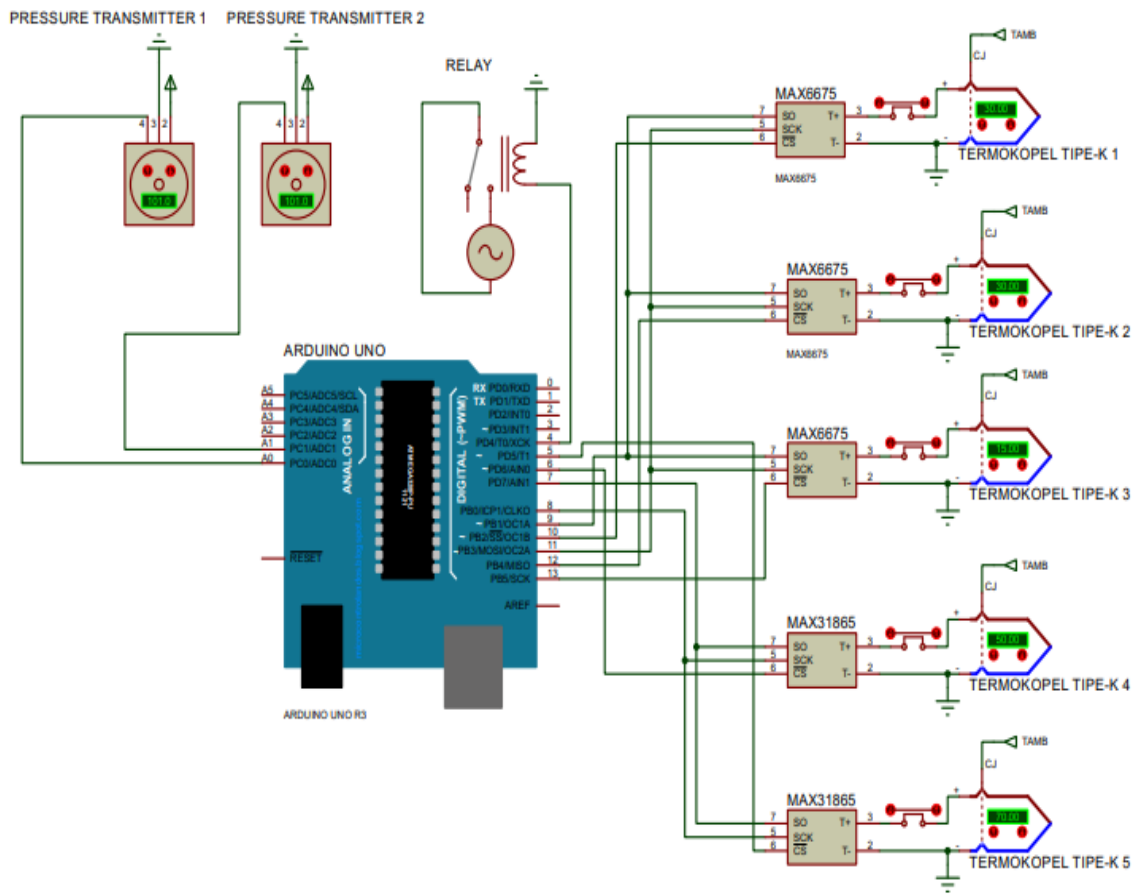
Skematik rangkaian sistem ditunjukkan pada Gambar 3 yang merupakan rangkaian keseluruhan sistem pengukuran yang terdiri dari sensor temperatur termokopel tipe-K, sensor tekanan *pressure transmitter* JYB-KO-H dan Arduino.

2.4. Skema Instalasi Pengujian

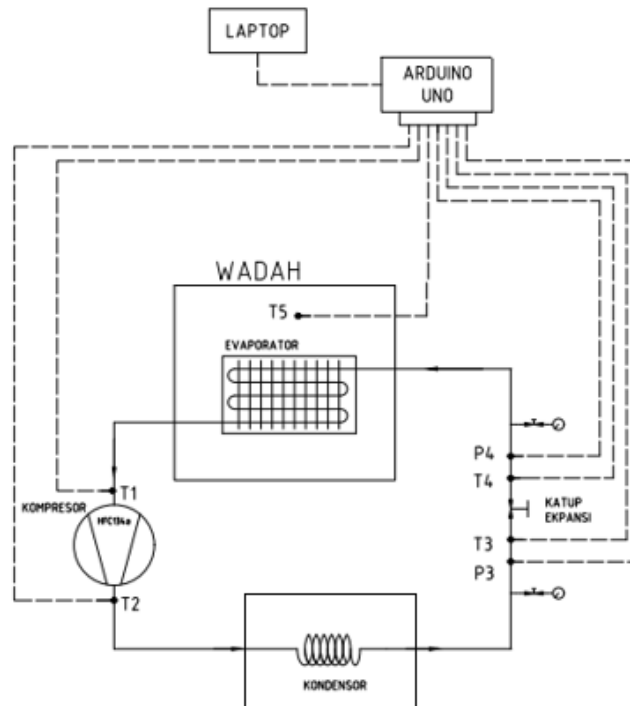
Gambar 4 menampilkan skema instalasi pengukuran menurut letaknya yang merupakan bagian dari Arduino uno. Sedangkan Tabel 1 menampilkan letak titik sensor yang akan digunakan.

2.5. Arduino Uno

Arduino adalah mikrokontroler *open source* yang dapat dengan mudah diprogram, dihapus dan diprogram ulang setiap saat. Diperkenalkan pada tahun 2005, platform Arduino dirancang untuk menyediakan cara yang murah dan mudah bagi para penghobi, pelajar, dan profesional cara yang mudah dan murah untuk membuat perangkat yang berinteraksi dengan lingkungan menggunakan sensor dan aktuator (ABA, dkk., 2020).



Gambar 3. Letak sensor pengukuran



Gambar 4. Skema instalasi pengukuran menurut letaknya

Tabel 1. Letak sensor pengukuran

Titik Pengukuran	Letak Sensor Pengukuran
T ₁	Sebelum Kompresor
T ₂	Sesudah Kompresor
T ₃	Sebelum Katup Ekspansi
T ₄	Sesudah Katup Ekspansi
T ₅	Wadah
P ₃	Sebelum Katup Ekspansi
P ₄	Sesudah Katup Ekspansi

Platform komputasi *open source* yang digunakan untuk membangun dan memprogram perangkat elektronik berdasarkan papan mikrokontroler sederhana (lihat Gambar 5). Ini juga dapat bertindak sebagai komputer mini, sama seperti mikrokontroler lainnya, melalui pengontrolan *input* dan *output* dari berbagai perangkat elektronik (Pilneser, 2014).



Gambar 5. Microcontroller Arduino Uno (Pilneser, 2014)

2.6. Termokopel Tipe-K

Termokopel tipe K (lihat Gambar 6) terbuat dari nikel dan memiliki ketahanan korosi yang sangat baik, sehingga dapat digunakan di sebagian besar aplikasi. Termokopel tipe-K adalah jenis sensor yang paling umum dipasaran untuk kalibrasi sensor temperatur dan banyak digunakan dalam pengukuran bidang industri karena keakuratannya (Gao, dkk., 2020).

Dalam desain ini, termokopel tipe-K dihubungkan ke modul MAX6675 dan MAX31855. Modul dapat melakukan serangkaian pemrosesan pada sinyal temperatur yang dikumpulkan oleh termokopel tipe-K, dan akhirnya mengubah sinyal analog menjadi keluaran sinyal digital melalui konverter ADC dalam modul (Septiana, dkk., 2019).



Gambar 6. Termokopel tipe-K (Gao, dkk., 2020)

2.7. Modul MAX6675

Untuk melakukan akuisisi data temperatur dengan menggunakan termokopel tipe-K diperlukan modul untuk mengkompensasi *cold junction* termokopel. Gambar 7 menampilkan MAX6675 dimana modul ini adalah salah satu dari banyak modul yang kompatibel dengan Arduino yang dapat mengkompensasi *cold junction* termokopel tipe-K yang dapat mengukur temperatur dari 0°C - +1024°C (Maxim Integrated, 2021).



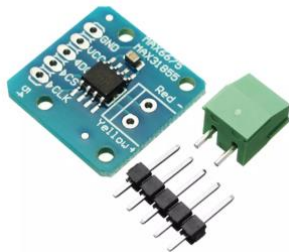
Gambar 7. Modul MAX6675 (Maxim Integrated, 2021)

Rangkaian MAX6675 untuk pengolahan data pada sensor temperatur termokopel dari data analog diubah menjadi data digital karena pada IC MAX6675 sudah terdapat pengolah data ADC atau *Analog to Digital Converter* (Rofi'i, dkk., 2019).

2.8. Modul MX31855

MAX31855 adalah konverter keluaran digital termokopel yang sangat baik dengan ADC 14-bit didalamnya seperti pada Gambar 8. Perangkat ini juga mencakup berisi kompensasi dan koreksi *cold junction*, pengontrol digital, antarmuka SPI, dan

logika kontrol terkait. Instrumen ini dirancang untuk bekerja dengan mikrokontroler untuk aplikasi kontrol atau pemantauan proses pengukuran temperatur dari -40°C sampai $+125^{\circ}\text{C}$ (Maxim Integrated, 2015).



Gambar 8. Modul MAX31855 (Maxim Integrated, 2015)

2.9. Pressure Transmitter

Pressure transmitter yang ditampilkan pada Gambar 9 merupakan sensor yang berfungsi mendeteksi tekanan udara dan tekanan zat cair (Yusup, dkk., 2020). Sensor *pressure transmitter* Model JYB-KO-H adalah pemancar tekanan berbiaya rendah yang diproduksi oleh iSweek Company. Muncul dengan paket *stainless steel* sehingga tidak mudah berkarat, koneksi tipe soket, konektor tekanan setengah inci dan antarmuka tekanan koneksi dengan cepat.

Pressure transmitter dilengkapi dengan rangkaian *signal conditioning*, sehingga dapat sinyal dari sensor tekanan dapat dikirimkan ke komputer (Yusup, dkk., 2020). Mudah untuk pemasangan dan penggantian. Tegangan input dan rentang tekanan dapat disesuaikan. Tegangan suplai adalah 5V DC dan output memiliki kisaran 0,5 - 4,5V DC, dan kisaran tekanan 0 MPa - 35 MPa. Sensor tekanan ini berfungsi untuk semua jenis aliran.



Gambar 9. Pressure transmitter (Yusup, dkk., 2020)

2.10. Modul relai

Modul relai digunakan untuk mengontrol peralatan dengan menyalakan atau mematikannya. Ini dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Uno. Modul relai ini menggunakan 5V untuk beroperasi dan sudah

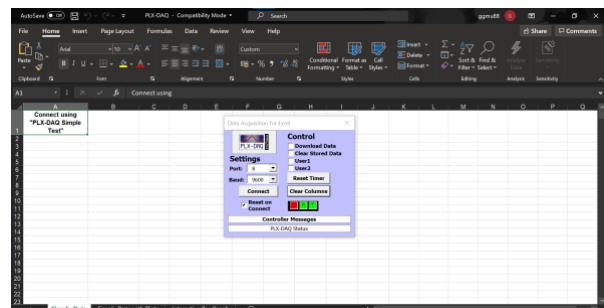
disediakan oleh mikrokontroler. Jenis relai yang dipilih adalah modul relai satu saluran karena tegangannya yang cocok untuk dioperasikan dengan mikrokontroler dan berbiaya rendah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10 (Hadwan, dkk., 2016).



Gambar 10. Modul relai (Hadwan, dkk. 2016)

2.11. Software PLX-DAQ

Untuk pengakuisisi data dari mikrokontroler Arduino ke excel membutuhkan software PLX-DAQ (tampilan lihat Gambar 11). Dengan menggunakan software PLX-DAQ dapat menghasilkan data dan grafik pengukuran secara real time yang sudah di rancang pemrogramannya di Arduino. Software PLX-DAQ ini juga dapat terintegrasi dengan *Microsoft Excel* (Fachri, dkk., 2015).



Gambar 11. Software PLX-DAQ

2.12. Regresi Polinomial

Regresi polinomial adalah hubungan dimana dua atau lebih variabel dengan polinomial berorde tertentu (n). Dalam persamaan regresi polinomial ini dapat digunakan untuk menentukan hubungan antara variabel terikat (y) dan variabel bebas (x).

Ketepatan hubungan antara dua variabel dapat dipengaruhi oleh sifat data dan kuantitasnya, yaitu semakin banyak data semakin akurat polinomialnya regresi linear dengan dijumlahkannya. Berikut persamaan regresi polinomial (Montgomery, dkk., 2012).

$$y = ax^2 + bx + c \quad (1)$$

Keterangan:

- y = variabel tak bebas
- x = variabel bebas
- a, b = koefisien regresi
- c = konstanta

Koefisien determinasi (R^2) adalah ukuran kedekatan sebuah garis regresi polinomial dengan data yang sebenarnya. Sama halnya dengan gradien, koefisien determinasi didapat dari grafik data hasil perbandingan antara termometer dengan termokopel tipe-K. Jika nilai R^2 mendekati 1, maka hasil persamaan regresi yang didapat bagus dan dapat digunakan untuk menghitung nilai standar (Montgomery, dkk., 2012).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

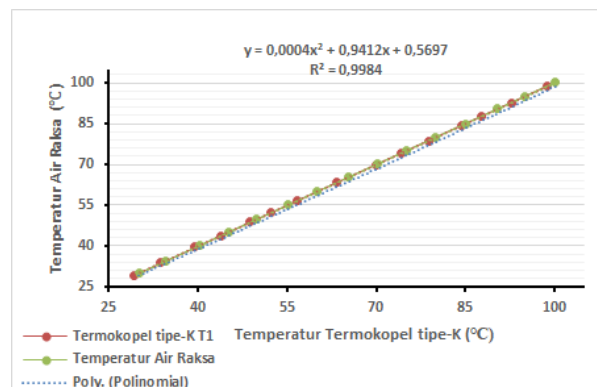
3.1. Kalibrasi Sensor Temperatur Termokopel Tipe-K

Proses kalibrasi pada termokopel tipe-K akan memberikan nilai temperatur yang akan diolah menjadi grafik perbandingan temperatur termokopel tipe-K terhadap termometer air raksa, sehingga menghasilkan nilai regresi polinomial yang akan digunakan untuk menghitung temperatur yang sebenarnya dari hasil data nilai temperatur yang didapat dari proses pengujian tersebut. Dari masing-masing data termokopel tipe-K dan termometer air raksa dapat dilihat dalam Tabel 2.

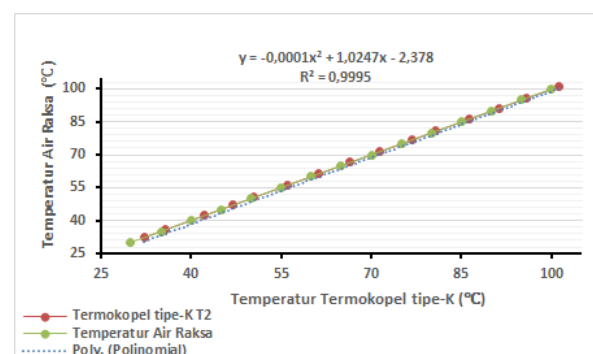
Tabel 2. Data kalibrasi T₁, T₂, T₃, T₄, dan T₅ (Wadah)

T _{standar} (°C)	T1 (°C) (MAX31855)	T2 (°C) (MAX6675)	T3 (°C) (MAX6675)	T4 (°C) (MAX31855)	T5 (°C) Wadah (MAX6675)
30	29,25	32,5	32,25	28,75	32
35	33,75	37,25	35,75	33,5	35,75
40	39,5	42	42,25	38,75	42,25
45	43,75	48,25	47	44,5	48
50	48,75	51	50,5	49,25	51,75
55	52,25	56,5	56	52	57
60	56,75	61,5	61,25	56,5	62
65	63,25	66,5	66,5	63,25	66,5
70	70	71,75	71,5	69,5	72,25
75	74,25	76,5	76,75	74	77
80	78,75	81,25	80,75	77,75	82,25
85	84,5	86,25	86,25	84,25	87,75
90	87,75	91,25	91,25	88,75	93
95	92,75	96	95,75	94,75	97,5
100	98,75	101,75	101,25	101	102,75

Termokopel tipe-K T₁ menghasilkan nilai gradien ($y = 0,0004x^2 + 0,9412x + 0,5697$) dan nilai koefisien determinasi ($R^2 = 0,9998$) seperti yang diperlihatkan pada Gambar 12.

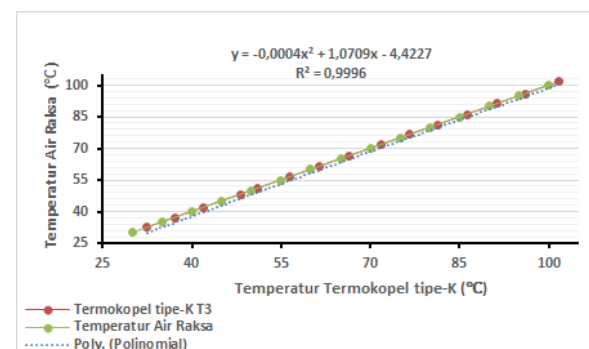


Gambar 12. Grafik kalibrasi T₁ (MAX31855)



Gambar 13. Grafik kalibrasi T₂ (MAX6675)

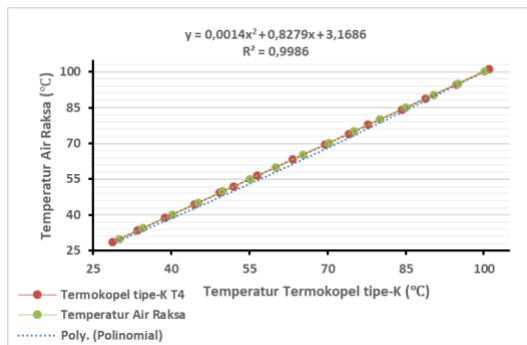
Termokopel tipe-K T₂ menghasilkan nilai gradien ($y = -0,0001x^2 + 1,0247x - 2,378$) dan nilai koefisien determinasi ($R^2 = 0,9995$) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13.



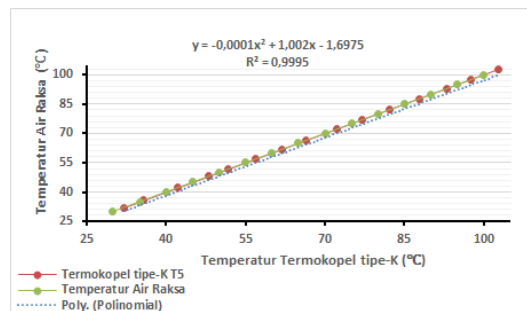
Gambar 14. Grafik kalibrasi T₃ (MAX6675)

Pada Gambar 14, Termokopel tipe-K T₃ menghasilkan nilai gradien ($y = -0,0004x^2 + 1,0709x - 4,4227$) dan nilai koefisien determinasi ($R^2 = 0,9996$). Sedangkan Gambar 15 menunjukkan Termokopel tipe-K T₄ menghasilkan nilai gradien

(y) $0,0014x^2 + 0,8279x + 3,1686$ dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,9986.



Gambar 15. Grafik kalibrasi T₄ (MAX31855)



Gambar 16. Grafik Kalibrasi T₅ (MAX6675)

Termokopel tipe-K T₅ menghasilkan nilai gradien ($y = -0,0001x^2 + 1,002x - 1,6975$) dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,9995 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 16.

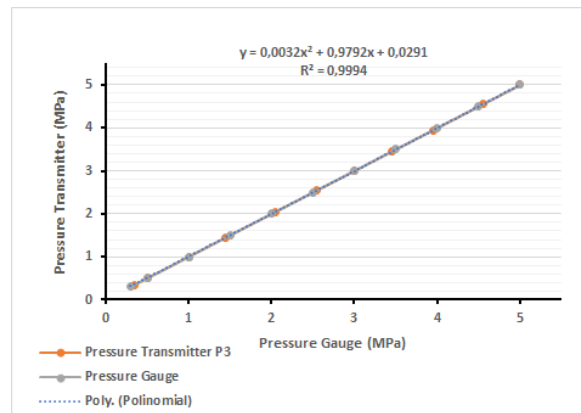
3.2. Hasil Kalibrasi Sensor Pressure Transmitter

Proses kalibrasi pada *pressure transmitter* akan memberikan nilai tekanan yang akan diolah menjadi grafik perbandingan *pressure transmitter* terhadap *pressure gauge*, sehingga menghasilkan nilai regresi polinomial yang akan digunakan untuk menghitung tekanan yang sebenarnya.

Tabel 3. Data hasil kalibrasi P₃ dan P₄

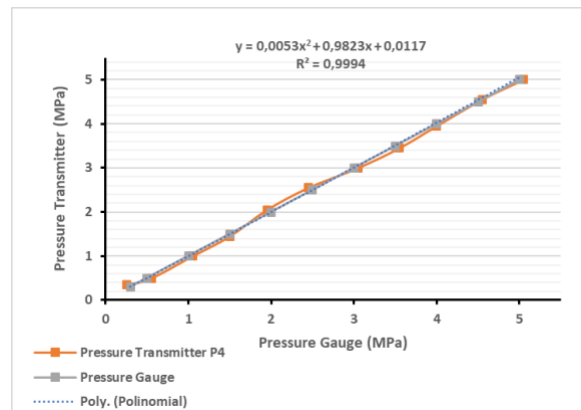
Pressure Gauge (MPa)	P ₃ (MPa)	P ₄ (MPa)
0,3	0,35	0,25
0,5	0,5	0,55
1	1	1,05
1,5	1,45	1,5
2	,05	1,95
2,5	2,55	2,45
3	3	3,05
3,5	3,45	3,55
4	3,95	4
4,5	4,55	4,55
5	5	5,05

Masing-masing data *pressure transmitter* dan *pressure gauge* dapat dilihat dalam Tabel 3.



Gambar 17. Grafik kalibrasi P₃

Gambar 17, menampilkan grafik *pressure transmitter* dengan P₃ menghasilkan nilai gradien ($y = 0,0032x^2 + 0,9792x + 0,0291$) dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,9994.



Gambar 18. Grafik kalibrasi P₄

Pressure transmitter P₄ menghasilkan nilai gradien ($y = 0,0053x^2 + 0,9823x + 0,0117$) dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,9994 seperti yang ditampilkan pada Gambar 18.

3.3. Pengujian Relai

Dengan adanya relai di perancangan sistem *thermobath* maka dapat berfungsi untuk pengkalibrasi sensor temperatur. Penggunaan relai di sistem ini berfungsi untuk memutuskan dan menghubungkan aliran listrik kompresor di sistem pendingin *thermobath* dengan batas temperatur di wadah yang diinginkan (Hidayah, dkk., 2020). Tabel 4, menampilkan hasil pengujian relai yang dilakukan.

Tabel 4. Pengujian relai

Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3	Pengujian 4	Keterangan
LOW	LOW	LOW	LOW	Aliran listrik mati di suhu $\leq 10^\circ\text{C}$
HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	Aliran listrik hidup di suhu $\geq 11^\circ\text{C}$

4. SIMPULAN

Rancangan sistem ini dapat menghasilkan data pengukuran temperatur dan tekanan pada sistem pendingin *thermobath* melalui *software* PLX-DAQ. Rancangan sistem yang telah dibuat dapat bekerja sehingga sistem pendingin *thermobath* bekerja sesuai dengan harapan dan memberikan temperatur di wadah sesuai dengan kita inginkan dengan ditentukan *set point* maksimum dan minimum di temperatur T_5 (wadah) pada *software* Arduino maka relai akan aktif untuk memutuskan aliran listrik dan relai mati untuk menghubungkan aliran listrik kompresor pada pendingin *thermobath*

DAFTAR PUSTAKA

- ABA, M.U.N., Karim, M.N., Rofi'i, M. dan Ningtias, D.R., 2020. Rancang Bangun Alat Hypo-Hyperthermia Berbasis Arduino. *Elektrika*, 12(1), hal. 31-38.
- Ashari A., Pilneser T., 2014. Pemanfaatan Arduino Uno Untuk Sistem Akuisisi Data Suhu Ruang Di STMIK AKBA. *Jurnal Inspiration*, 4(1), hal. 17-24.
- Dahlan, B.B., 2017. Sistem Kontrol Penerangan Menggunakan Arduino Uno Pada Universitas Ichsan Gorontalo. *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 9(3), hal. 282-289.
- Fachri, M.R., Sara, I.D. dan Away, Y., 2015. Pemantauan parameter panel surya berbasis arduino secara real time. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 11(4), hal. 123-128.
- Gao, X., Chen, G. dan Li, H., 2020. Design of Signal Acquisition and Processing System for Temperature Sensor Experiment Instrument. *International Journal of Sciences*, 9(08), hal. 9-13.
- Hadwan, H.H., dan Reddy, Y. P., 2016. Smart Home Control by using Raspberry Pi & Arduino UNO. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 5(4), hal. 283-288.
- Hatmoko, S.H., Santosa, K.S., Giarno, G.G., Haryanto, D.H., Juarsa, M.J., Kusuma, M.H., Antariksawan, A.R. dan Widodo, S.W., 2018. Karakterisasi Termokopel Tipe K Pada Fasilitas Simulasi Sistem Fassisip-02. *POROS*, 16(2), hal. 127-137.
- Hidayah, M.N., Alfita, R. dan Aji, K., 2020. Implementasi Internet of Thing Untuk Kontrol dan Monitoring KWH Meter Pascabayar. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro Undiksha*, 9(3), hal. 161-170.
- Kurniawan, M.R., Rif'an, M. dan Raharjo, I.A., 2021. Rancang Bangun Alat Monitoring Panel Surya Berbasis Arduino Uno Dengan Program PLX-DAQ. *Journal of Electrical Vocational Education and Technology*, 6(1), hal. 21-24.
- Maxim Integrated, 2015. MAX31855 Cold-Junction Compensated Thermocouple-to-Digital Converter, [online] <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX31855.pdf>. [Diakses tanggal 1 September 2021].
- Maxim Integrated, 2021. MAX6675 Cold-Junction Compensated Thermocouple-to-Digital Converter, [online] <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX6675.pdf>. [Diakses tanggal 1 September 2021].
- Montgomery, D.C., Peck, E.A. dan Vining, G.G., 2021. *Introduction to Linear Regression Analysis*. John Wiley & Sons. [Cetak].
- Nurdianto, G., Rahmat, M. dan Nurrohman, N., 2019. Uji Kinerja Movable Thermostatic Bath Sebagai Alat Kalibrasi Termokopel. *AME (Aplikasi Mekanika dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 5(1), hal. 13-23.
- Rofi'i, M., Syaifudin, S., Titisari, D. dan Utomo, B., 2019. Waterbath Calibrator with Nine Channels Sensor. *Indonesian Journal of electronics, electromedical engineering, and medical informatics*, 1(1), hal. 1-6.
- Septiana, R., Roihan, I. dan Karnadi, J., 2019. Calibration of K-Type Thermocouple and MAX6675 Module with Reference DS18B20 Thermistor Based on Arduino DAQ, *Prosiding SNTTM XVIII, 9-10 Oktober 2019, (PTM01)*, hal. 1-6.
- Yusup, M.B., Widiatoro, A. dan Mahardika, E., 2020. Rancang Bangun Diagnosa Trouble Engine Gasoline Dengan Sistem Fuel Injeksi Menggunakan Arduino Dan Visual Basic. *SinarFe7*, 3(1), hal.192-200.

