

Analisis Perbedaan Pembacaan Kalibrator Temperatur dengan *Drywell* Menggunakan Uji Wilcoxon

Muhamad Rizki Nurhasan ¹⁾
Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal
rizkinurhasan686@gmail.com

Dr. Eng. Ari Kuswantori, S.T., M.T. ²⁾
Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal
ari@poltek-gt.ac.id

ABSTRAK

Proses kalibrasi oven merupakan langkah penting dalam menjamin akurasi pengujian temperatur terhadap material penyusun ban. Di Plant DKM PT XYZ, kalibrasi oven masih dilakukan secara eksternal karena belum tersedianya alat kalibrator temperatur sembilan titik sesuai standar AS 2853. Hal ini berdampak pada efisiensi waktu dan biaya kalibrasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis kinerja alat kalibrator temperatur sembilan titik yang dibandingkan dengan alat master temperatur AIS-TCL-3. Metode pengujian dilakukan pada rentang suhu 30°C hingga 150°C dengan minimal 30 data tiap titik, kemudian dianalisis menggunakan uji normalitas, Wilcoxon, dan Cohen's *d*. Hasil uji Wilcoxon menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara alat yang dirancang dan alat master. Serta, seluruh nilai pengukuran masih berada dalam batas toleransi $\pm 1^\circ\text{C}$ sesuai standar ASTM D1509-15. Hal ini diperkuat oleh nilai Cohen's *d* menunjukkan efek perbedaan mulai dari rendah hingga sedang. Dengan demikian, alat kalibrator yang dirancang dinyatakan layak digunakan untuk proses kalibrasi internal dan dapat menjadi solusi ekonomis bagi perusahaan..

Kata Kunci : Kalibrasi , Suhu, Termokopel, Wilcoxon, Cohen's *d*.

ABSTRACT

*The oven calibration process is a crucial step in ensuring the accuracy of temperature testing on tire components. At the PT XYZ DKM Plant, oven calibration is still performed externally due to the lack of a nine-point temperature calibrator compliant with AS 2853. This impacts calibration time and costs. Therefore, this study aims to design and analyze the performance of a nine-point temperature calibrator compared to the AIS-TCL-3 master temperature calibrator. The test was conducted at a temperature range of 30°C to 150°C with a minimum of 30 data points per point. The results were then analyzed using normality tests, Wilcoxon test, and Cohen's *d* test. The Wilcoxon test results showed no statistically significant differences between the designed instrument and the master instrument. Furthermore, all measurement values were within the $\pm 1^\circ\text{C}$ tolerance limit as per ASTM D1509-15 standard. This is supported by the Cohen's *d* value, which indicates a low to moderate difference in effect. Thus, the designed calibrator tool is declared suitable for use in internal calibration processes and can be an economical solution for the company.*

*Keywords: Calibration, Temperature, Thermocouple, Wilcoxon, Cohen's *d*.*

I. PENDAHULUAN

PT XYZ Tbk merupakan salah satu Perusahaan yang merupakan produsen ban terbesar di Asia tenggara. Produk yang di hasilkan memiliki berbagai jenis seperti ban sepeda motor, ban untuk mobil penumpang, ban untuk truk dan bus. Salah satu pabriknya, *Plant DKM* menghasilkan ban untuk mobil penumpang dengan kualitas yang di perhatikan secara ketat seperti dilakukan pengujian pada laboratorium yang dimiliki *Plant DKM*. Salah satu pengujian yang di lakukan ialah *material* penyusun ban di uji pada oven untuk mengetahui ketahanan pada suhu tinggi. Agar pengujian memiliki hasil yang akurat diperlukan kalibrasi secara rutin untuk mengetahui akurasi dari oven tersebut. Oleh karena itu dibutuhkan proses kalibrasi oven berdasarkan Australian Standard, kalibrasi oven diperlukan sembilan titik pengukuran untuk mengetahui keseragaman suhu di dalam oven [1]. Namun *Plant DKM* belum memilki alat kalibrasi untuk oven sehingga proses kalibrasi dilakukan secara eksternal. Hal ini dapat di lihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar Alat Master dan Alat Ukur Temperatur

N o	Nama Alat	Kode Alat	Merk / Tipe	Jumlah Sensor / Titik Pengukur an
1	Thermometer	JRD - 0TH -16	Yokogawa	1
2	Thermometer	JRD - 0TH -17	Yokogawa	1
3	Thermometer	JRD - 0TH -14	Anritsu	1
4	Humidity dan Temperatur Recorder	JRD - TH D-9	Extech Instruments	1
5	Temperatur Calibrator	DIS - TCL -3	Yokogawa	1
6	Thermometer	DIS - TH- 2	Fluke	1
7	Thermo Hygro Recorder	DIS -	AND	1

8	Drywell Calibrator	TH R-1 DIS - DW -2 DIS	AMETEK	1
9	Portable Calibrator	- CL- 4 AIS	Yokogawa	1
10	Drywell Calibrator	- TCL -03	AMETEK RK	1

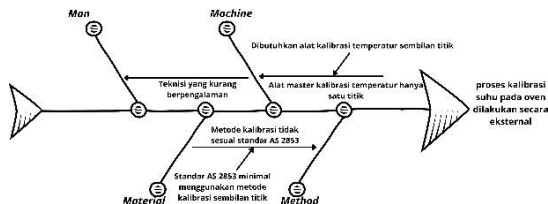
Adapun proses kalibrasi oven dilakukan dengan periode 12 bulan dengan rincian biaya terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Biaya Kalibrasi Eksternal Oven

N o	Nama Mesin	Merk	Harga Kalibrasi
1	AOT-1	Thermolyne	Rp 1,400,000.00
2	AOT-2	Barnstead Thermolyne	Rp 1,400,000.00
3	AOT-4	Yasuda SS	Rp 1,400,000.00
4	AOT-6	Precision	Rp 1,400,000.00
5	AOT-7	Gotech	Rp 1,400,000.00
6	AOT-8	Heratherm	Rp 1,400,000.00
7	DOV-1	Memmert	Rp 1,750,000.00
8	DOV-2	Seyen Machinery	Rp 1,750,000.00
9	DOV-3	Memmert	Rp 1,750,000.00
10	DQA- OV	Memmert	Rp 1,750,000.00
		Total	Rp 15,400,000.00
		PPN 11%	Rp 1,694,000.00
		Total Biaya	Rp 17,094,000.00

Berdasarkan Tabel 2 biaya yang di keluarkan untuk proses kalibrasi oven secara eksternal. Proses kalibrasi alat oleh teknisi instrumentasi ini sangat penting karena ketidakakuratan dalam pengaturan temperatur dapat menyebabkan hasil pengujian yang tidak valid. Misalnya, jika temperatur dalam oven tidak stabil atau tidak terkontrol dengan baik, maka pengujian terhadap material akan menghasilkan data yang tidak akurat, yang pada pelaksanaannya dapat mempengaruhi kualitas dan kesesuaian produk.

Sebelum memutuskan langkah selanjutnya, perlu dilakukan analisis mendalam untuk mengetahui penyebab utama masalah yang ada pada proses kalibrasi. Salah satu metode yang digunakan adalah diagram *Fishbone* (Ishikawa), yang membantu untuk mengidentifikasi akar penyebab masalah secara lebih sistematis.



Gambar 1 Diagram *Fishbone*

Setelah dilakukan analisis masalah menggunakan diagram *fishbone* menemukan pada komponen *machine* dibutuhkan alat kalibrator temperatur sembilan titik pada oven karena belum adanya alat kalibrator tersebut, hal ini diperkuat oleh adanya komponen *method* yang tidak sesuai dengan standar kalibrasi oven yang mengharuskan kalibrasi oven menggunakan sembilan titik, *method* yang dilakukan adalah pengukuran satu titik yang dilakukan pada kalibrasi oven sebelum alat ini dirancang.

Dari penjelasan di atas, permasalahan dapat dirumuskan bahwa proses kalibrasi oven dilakukan secara eksternal karena belum adanya alat kalibrasi yang memiliki jumlah sensor Sembilan titik untuk mengetahui keseragaman suhu di dalam oven berdasarkan Australian Standard, serta biaya yang harus dikeluarkan untuk satu kali periode kalibrasi. Oleh karena itu dibutuhkan rancang bangun alat kalibrator temperatur oven sembilan titik dan ketika telah berhasil bagaimana analisa hasil pengukuran alat kalibrator temperature sembilan titik dengan alat master temperatur terhadap akurasi pembacaan nilai temperatur.

Dari penelitian ini, kajian literatur dan teoritik pada penelitian – penelitian sebelumnya digunakan untuk membantu keberhasilan penelitian. Dalam bagian analisis terdapat dua kajian literatur yang digunakan yakni “Rancang Bangun Alat *Paraffin Bath Dual Chamber* Berbasis Arduino Nano” oleh Kusumaningrat dkk pada tahun 2022 dengan hasil Uji T digunakan untuk membandingkan perbedaan temperatur antara alat *paraffin bath* berbasis Arduino Nano dengan alat [2] dan “Analisis Perbedaan Nilai Setiap Siklus dalam Penelitian Tindakan Kelas Menggunakan Uji Wilcoxon” oleh

Rizki dkk pada tahun 2023 dengan hasil penelitian uji Wilcoxon dan Uji Cohen’s D digunakan untuk mengetahui perbedaan dengan metode statistik non parametrik jika data yang dimiliki tidak berdistribusi normal. [3] Di sisi lain, kajian teoritik bagian analisis pada penelitian ini melibatkan penjelasan deskriptif yang dapat memudahkan proses analisis seperti :

Analisis merupakan proses sistematis dalam menyelidiki suatu peristiwa, fenomena, atau objek tertentu guna memahami serta menemukan hubungan sebab akibat, pola, dan faktor yang mempengaruhinya [4].[5] Dalam penelitian ini digunakan Statistik inferensial adalah cabang statistik yang mempelajari dan mengembangkan metode untuk menarik kesimpulan tentang karakteristik suatu populasi berdasarkan data kuantitatif yang diperoleh dari sampel penelitian [4]. Statistik merupakan kumpulan data, baik dalam bentuk bilangan maupun non-bilangan, yang disusun secara sistematis dalam tabel atau diagram untuk menggambarkan suatu persoalan secara lebih jelas dan terstruktur [4]. Data merupakan kumpulan keterangan atau informasi mengenai suatu hal yang dapat berupa sesuatu yang diketahui secara langsung maupun dianggap benar berdasarkan asumsi tertentu [4]. Data kuantitatif adalah data yang berbentuk angka dan diperoleh melalui proses pengukuran atau perhitungan yang sistematis. Data ini merepresentasikan besaran, jumlah, atau frekuensi dari suatu fenomena, sehingga memungkinkan untuk dianalisis secara matematis maupun statistik. Karena bersifat numerik, data kuantitatif dapat digunakan untuk melakukan berbagai analisis seperti mencari rata-rata, standar deviasi, uji hipotesis, regresi, dan sebagainya. Data kuantitatif umumnya dibagi menjadi dua jenis, yaitu data diskrit dan data kontinu. Data diskrit merupakan data yang hanya dapat mengambil nilai tertentu atau terbatas (misalnya jumlah orang, jumlah kendaraan), sedangkan data kontinu dapat mengambil nilai dalam rentang tertentu tanpa batasan spesifik (misalnya tinggi badan, suhu, waktu). Keunggulan utama dari data kuantitatif adalah kemampuannya untuk memberikan hasil yang objektif, terukur, dan dapat dibandingkan secara statistik, sehingga sering digunakan dalam penelitian eksperimental, survei, maupun pengujian hipotesis ilmiah. [4]. Data primer adalah data yang dikumpulkan langsung oleh peneliti atau pihak yang berkepentingan untuk memenuhi tujuan penelitian tertentu [4]. Data interval adalah jenis data kuantitatif yang memiliki semua karakteristik data nominal dan ordinal, serta dilengkapi dengan sifat tambahan yang penting, yaitu adanya jarak atau selisih yang dapat diukur

secara kuantitatif dan konsisten antara satu nilai dengan nilai lainnya. Artinya, perbedaan antara dua angka dalam skala interval menunjukkan perbedaan yang bermakna dan dapat dihitung. Contohnya, perbedaan antara suhu 20°C dan 30°C adalah 10°C, sama halnya dengan selisih antara 40°C dan 50°C, yang juga 10°C. Ini menunjukkan bahwa skala interval memiliki selisih tetap (equal intervals).

Namun, meskipun memiliki skala yang terukur dan konsisten, data interval tidak memiliki titik nol mutlak. Nol pada skala ini bukan berarti "tidak ada", melainkan hanya menjadi sebuah penanda dalam skala. Sebagai contoh, suhu 0°C bukan berarti tidak ada suhu. Oleh karena itu, operasi matematika seperti penjumlahan dan pengurangan dapat dilakukan pada data interval, namun operasi perkalian dan pembagian (terutama perbandingan rasio) tidak valid secara matematis. Skala interval sering digunakan dalam pengukuran suhu (Celsius dan Fahrenheit), skor IQ, dan kalender (tahun masehi). [4]. Pengujian normalitas dilakukan untuk menentukan apakah suatu distribusi data mengikuti distribusi normal atau tidak. Uji ini penting karena banyak metode statistik, terutama dalam statistik parametrik, mengasumsikan bahwa data yang digunakan berdistribusi normal agar hasil analisis menjadi valid dan akurat. Jika data tidak berdistribusi normal, maka pemilihan uji statistik harus disesuaikan, misalnya dengan menggunakan uji nonparametrik yang tidak bergantung pada asumsi normalitas. Terdapat beberapa metode yang umum digunakan untuk menguji normalitas data, di antaranya adalah uji Kolmogorov-Smirnov [4]. Dalam menggunakan uji-t ada beberapa syarat yang harus dipenuhi. Syarat/asumsi utama yang harus dipenuhi dalam menggunakan uji-t adalah data harus berdistribusi normal. Jika data tidak berdistribusi normal, maka uji-t tidak valid untuk dipakai, sehingga disarankan untuk melakukan uji non-parametrik seperti Wilcoxon (data berpasangan) [4] [3]. Uji beda rata-rata, atau yang dikenal dengan istilah uji-t (*t-test*), adalah salah satu metode statistik yang digunakan untuk membandingkan nilai rata-rata dari dua kelompok data guna menentukan apakah terdapat perbedaan yang signifikan di antara keduanya. Pengujian ini dilakukan dalam kerangka tingkat kepercayaan tertentu (*confidence interval*), sehingga tidak hanya memperhatikan nilai rata-rata, tetapi juga mempertimbangkan variasi atau varians data pada masing-masing kelompok [4]. Cohen's d merupakan salah satu ukuran efek (*effect size*) yang digunakan untuk menunjukkan besarnya perbedaan antara dua kelompok dalam satuan standar deviasi. Ukuran ini pertama kali diperkenalkan oleh Jacob Cohen sebagai alternatif untuk melengkapi hasil uji

hipotesis, terutama pada pengujian yang menggunakan t-test atau uji Wilcoxon. Cohen's d tidak hanya mengukur apakah suatu perbedaan signifikan secara statistik, tetapi juga memberikan informasi mengenai seberapa besar perbedaan tersebut secara praktis [3][6]. Adapun rumus nya ialah :

$$d = \frac{M_d}{s} \quad (1)$$

Keterangan :

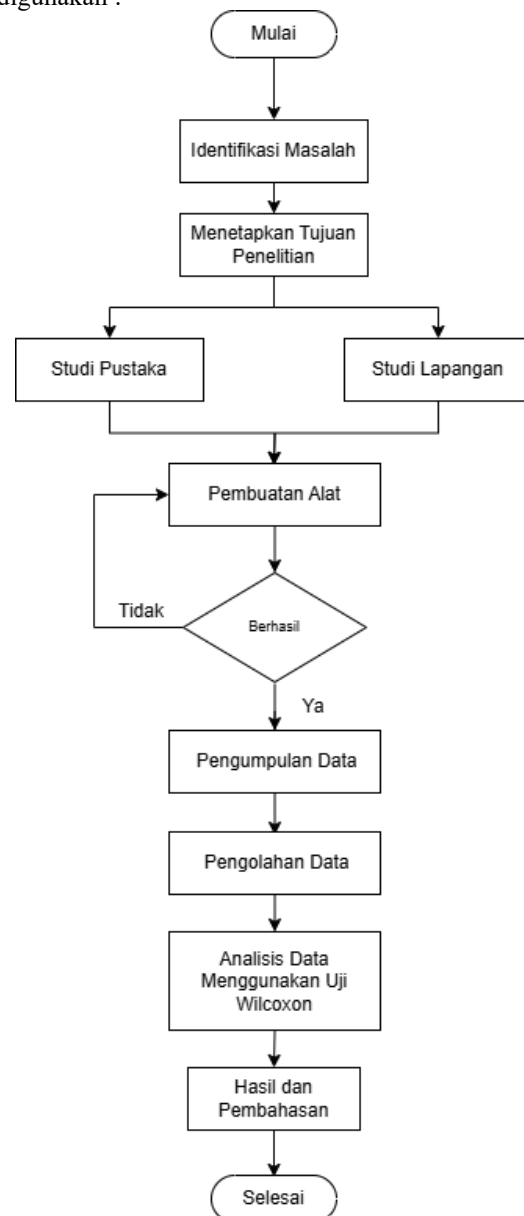
d = nilai Cohen's D

M_d = nilai rata-rata dari perbedaan kelompok

s = simpangan baku

II. METODE PENELITIAN

Berikut merupakan alur penelitian yang digunakan :



Gambar 2 Alur Penelitian

1. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini peneliti, menemukan salah satu tantangan utama dalam penelitian yaitu belum ada alat kalibrator temperatur sembilan titik pada oven. Dari tidak adanya alat kalibrator temperatur sembilan titik ini kalibrasi secara internal tidak dapat dilakukan karena tidak memenuhi standar AS 2853, maka kalibrasi masih dilakukan secara eksternal.

2. Menentukan Tujuan Penelitian

Setelah masalah teridentifikasi, tujuan penelitian ini ditetapkan untuk menjawab tantangan yang ada. Penelitian ini bertujuan menganalisis hasil pengukuran alat yang dirancang dibandingkan dengan alat master temperatur yang telah ada dan melakukan uji secara statistik menggunakan uji Wilcoxon.

3. Studi Pustaka dan Studi Lingkungan

Studi putstaka dan lapangan dilakukan untuk memperoleh pedoman dan dasar teori yang sesuai dari penelitian sebelumnya yang memiliki sistem serupa, sehingga penelitian lebih terarah.

4. Pembuatan Alat

Pada tahap ini peneliti melakukan perancangan serta pembuatan alat meliputi perancangan *wiring* hingga pembuatan box panel dan perakitan komponen hingga alat dapat digunakan dan telah di kalibrasi.

5. Pengumpulan Data

Data hasil pengukuran diperoleh melalui pengujian langsung antara alat kalibrator temperatur sembilan titik yang dirancang dengan alat master temperatur AIS-TCL-3. Pengujian dilakukan pada rentang suhu 30°C hingga 150°C, dengan interval tertentu. Pada setiap titik suhu, diambil minimal 30 data pengukuran untuk memastikan akurasi dan konsistensi hasil. Seluruh data yang terkumpul digunakan sebagai dasar untuk analisis statistik dan evaluasi kinerja alat terhadap standar referensi.

6. Analisis Data Menggunakan Uji Wilcoxon

Setelah seluruh data pengukuran terkumpul, dilakukan analisis statistik untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antara hasil pengukuran alat kalibrator yang dirancang dengan alat master temperatur. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi akurasi alat serta menentukan signifikansi perbedaan data yang dihasilkan. Uji yang digunakan disesuaikan dengan karakteristik data, diawali dengan uji normalitas untuk menentukan jenis uji lanjutan yang sesuai. Jika data tidak berdistribusi normal, maka analisis dilanjutkan menggunakan metode nonparametrik, seperti Wilcoxon, untuk menguji perbedaan data berpasangan secara statistik. Untuk mengetahui

seberapa besar pengaruh digunakan uji Cohen's D untuk memberikan informasi seberapa besar pengaruhnya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengumpulan Data

Berikut adalah data hasil pengukuran suhu dari alat yang kalibrasi menggunakan alat master AIS-TCL-3 pada suhu 30°C - 150°C :

Tabel 2 Hasil Pengukuran pada Suhu 30°C

No	AIS-TCL-3	TC-1	TC-2	TC-3	TC-4	TC-5	TC-6	TC-7	TC-8	TC-9
1	30.00	30.00	30.10	30.10	30.00	30.10	30.00	30.00	29.90	30.00
2	30.00	30.10	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	29.90	30.00
3	30.00	30.00	30.00	30.10	30.00	29.90	30.00	29.90	30.00	30.00
4	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.10	30.10	30.00	30.10	29.90
5	30.00	30.00	29.90	29.90	30.00	30.10	30.00	30.10	29.90	30.00
6	30.00	30.00	29.90	29.90	30.00	30.00	30.00	30.10	29.90	30.00
7	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.10	30.00	30.00	30.00	30.00
8	30.00	30.10	30.00	30.00	30.10	30.00	30.10	30.10	30.00	29.90
9	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.10	30.00	30.00	30.00	30.00
10	30.00	30.10	29.90	30.00	30.00	30.00	30.00	30.10	30.00	30.10
11	30.00	30.00	30.00	30.00	30.10	29.90	29.90	30.10	29.90	30.00
12	30.00	29.90	29.90	30.00	30.00	30.10	30.00	30.00	30.00	29.90
13	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	29.90	30.00	30.00
14	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	29.90	29.90	30.00	30.00	30.10
15	30.00	29.90	30.00	30.00	30.00	30.10	30.00	30.00	30.00	30.00
16	30.00	30.00	30.10	30.10	30.00	30.10	30.00	29.90	29.90	30.00
17	30.00	30.10	30.00	30.00	30.00	29.90	30.00	29.90	29.90	30.00
18	30.00	30.00	30.00	30.10	30.00	29.90	30.00	30.00	30.00	30.00
19	30.00	29.90	30.00	30.00	30.00	30.10	30.00	30.00	29.90	29.90
20	30.00	30.00	29.90	29.90	30.00	30.10	29.90	30.10	30.10	30.00
21	30.00	30.00	29.90	29.90	30.00	29.90	30.00	30.10	29.90	30.00
22	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.10	29.90	30.00	30.00	30.00
23	30.00	30.10	30.00	30.00	30.10	30.00	30.00	30.10	30.00	29.90
24	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.10	29.90	29.90	30.00	30.00
25	30.00	30.10	29.90	30.00	29.90	30.00	30.00	30.10	30.00	30.10
26	30.00	30.00	30.00	30.00	30.10	30.00	30.00	30.10	29.90	30.00
27	30.00	29.90	29.90	30.00	30.00	30.10	30.00	30.00	30.00	29.90
28	30.00	30.00	30.00	30.10	29.90	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
29	30.00	30.00	30.00	30.10	30.00	29.90	29.90	29.90	30.00	30.10
30	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.10	30.00	30.00	30.10	30.00

Tabel 3 Hasil Pengukuran pada Suhu 40°C

No	AIS-TCL-3	TC-1	TC-2	TC-3	TC-4	TC-5	TC-6	TC-7	TC-8	TC-9
1	40.00	40.10	39.90	40.00	39.90	40.00	40.10	40.00	40.00	40.00
2	40.00	40.00	39.90	40.00	40.00	40.10	40.00	40.10	40.10	39.90
3	40.00	40.00	40.00	40.10	40.00	40.20	39.90	40.10	40.00	39.90
4	40.00	40.00	40.00	40.10	40.00	40.10	40.00	40.10	40.00	40.00
5	40.00	40.00	40.00	39.90	40.10	39.90	40.00	40.00	39.90	40.00
6	40.00	39.90	40.00	40.00	40.00	40.20	40.00	40.00	40.00	39.90
7	40.00	39.90	40.00	40.10	40.00	40.20	39.90	40.10	39.90	40.00
8	40.00	40.00	40.00	40.00	40.10	40.10	40.00	40.00	39.90	39.90
9	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.10	40.10	40.10	40.00	40.00
10	40.00	40.00	40.00	40.10	39.90	40.00	39.90	40.10	40.00	40.00
11	40.00	39.90	40.00	40.00	39.90	39.90	40.00	40.10	39.90	40.00
12	40.00	40.00	40.00	39.90	40.10	40.00	39.90	40.00	39.90	40.00
13	40.00	39.90	39.90	40.00	39.90	39.90	40.00	39.90	40.00	40.00
14	40.00	40.00	40.00	40.00	39.90	40.00	40.00	40.00	40.10	40.00
15	40.00	39.90	39.90	39.90	39.90	39.90	40.00	39.90	40.00	40.10
16	40.00	39.90	39.80	39.90	40.10	40.00	39.90	40.00	39.90	40.00
17	40.00	39.90	39.90	40.00	39.90	40.10	40.00	40.10	40.00	40.00
18	40.00	40.00	39.90	39.90	39.90	40.00	40.00	40.00	39.90	40.00
19	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.10	39.90	40.00	40.00	40.00
20	40.00	39.90	40.00	39.90	39.90	40.00	40.10	39.90	40.00	40.00
21	40.00	40.00	40.10	40.00	40.00	39.90	39.90	40.00	40.00	40.00
22	40.00	40.00	40.00	40.00	39.90	40.10	40.00	40.10	40.00	40.00
23	40.00	40.00	40.00	40.00	39.90	40.10	39.90	40.00	40.00	40.10
24	40.00	40.10	39.90	39.90	40.00	40.00	39.90	40.10	40.00	40.00
25	40.00	40.00	40.00	40.00	39.90	40.10	39.90	39.90	40.00	40.00
26	40.00	40.00	40.00	39.90	40.00	40.00	40.00	40.10	40.00	40.00
27	40.00	40.00	40.10	39.90	39.90	40.00	39.90	40.10	40.00	40.00
28	40.00	40.10	40.00	39.90	40.00	39.90	40.00	40.00	40.00	39.90
29	40.00	40.00	40.00	40.00	40.10	40.00	40.00	39.90	40.00	40.00
30	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.10	40.00	39.90	40.00

Berikut adalah hasil perhitungan uji kecukupan data. Berikut adalah penjabaran dari perhitungan uji kecukupan data yang memiliki nilai N' terbesar di TC5 pada suhu 30C :

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \sum xi^2 - (\sum xi)^2}}{\sum xi} \right]^2$$

$$N' = \left[\frac{\frac{1.96}{0.05} \sqrt{30 (27042.21) - (900.70)^2}}{900.70} \right]^2$$

$$N' = \left[\frac{39.2 \sqrt{811266.30 - 811260.49}}{900.70} \right]^2$$

$$N' = \left[\frac{39.2 \sqrt{5.810}}{900.70} \right]^2$$

$$N' = \left[\frac{94.4875}{900.70} \right]^2$$

$$N' = 0.0110$$

Berdasarkan hasil perhitungan, dapat disimpulkan bahwa $N' \leq N$ terpenuhi dan data telah cukup. Berikut adalah ringkasan hasil uji kecukupan data dapat di lihat pada Tabel 15.

Tabel 15 Ringkasan Nilai N' Hasil Uji Kecukupan

No	Suhu	AIS-TCL-3	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7	TC8	TC9
1	30.00	0.0000	0.0056	0.0050	0.0056	0.0033	0.0110	0.0047	0.0088	0.0065	0.0056
2	40.00	0.0000	0.0033	0.0036	0.0041	0.0051	0.0078	0.0043	0.0049	0.0028	0.0021
3	50.00	0.0000	0.0034	0.0032	0.0033	0.0032	0.0031	0.0022	0.0030	0.0018	0.0015
4	60.00	0.0000	0.0016	0.0040	0.0035	0.0047	0.0035	0.0029	0.0041	0.0027	0.0016
5	70.00	0.0000	0.0029	0.0049	0.0049	0.0050	0.0023	0.0006	0.0028	0.0012	0.0009
6	80.00	0.0000	0.0007	0.0022	0.0034	0.0022	0.0006	0.0012	0.0001	0.0011	0.0009
7	90.00	0.0000	0.0007	0.0006	0.0012	0.0007	0.0009	0.0004	0.0009	0.0011	0.0008
8	100.00	0.0000	0.0018	0.0008	0.0011	0.0004	0.0006	0.0011	0.0005	0.0003	0.0013
9	110.00	0.0000	0.0009	0.0007	0.0011	0.0007	0.0004	0.0008	0.0004	0.0004	0.0001
10	120.00	0.0000	0.0007	0.0007	0.0008	0.0008	0.0004	0.0006	0.0004	0.0002	0.0004
11	130.00	0.0000	0.0012	0.0017	0.0022	0.0023	0.0040	0.0017	0.0004	0.0011	0.0010
12	140.00	0.0000	0.0010	0.0011	0.0017	0.0027	0.0077	0.0046	0.0008	0.0005	0.0004
13	150.00	0.0000	0.0042	0.0009	0.0011	0.0013	0.0004	0.0010	0.0004	0.0004	0.0003

Berdasarkan Tabel 15 semua data hasil pengukuran sudah memenuhi uji kecukupan data karena semua nilainya $N' \leq N$.

2. Uji Normalitas

Tests of Normality^a

	Kolmogorov-Smirnov ^b			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
TC1	.219	30	.001	.808	30	.000
TC2	.254	30	.000	.793	30	.000
TC3	.234	30	.000	.802	30	.000
TC4	.254	30	.000	.793	30	.000
TC5	.254	30	.000	.793	30	.000
TC6	.332	30	.000	.766	30	.000
TC7	.244	30	.000	.798	30	.000
TC8	.375	30	.000	.721	30	.000
TC9	.404	30	.000	.680	30	.000

a. AIS_TCL_3 is constant. It has been omitted.

b. Lilliefors Significance Correction

Gambar 3 Hasil Uji Normalitas

Gambar 3 menunjukkan hasil uji normalitas data pengukuran suhu pada titik 50°C dengan

menggunakan metode Shapiro-Wilk, yang merupakan salah satu metode yang umum digunakan untuk menguji apakah suatu data mengikuti distribusi normal. Berdasarkan hasil tersebut, diperoleh nilai signifikansi (Sig.) yang lebih kecil dari 0,05, yang mengindikasikan bahwa data pada suhu 50°C tidak berdistribusi normal. Ketika nilai signifikansi berada di bawah ambang batas 0,05, maka hipotesis nol (H_0), yaitu bahwa data berdistribusi normal, ditolak. Lebih lanjut, Tabel 16 menyajikan ringkasan hasil uji normalitas untuk seluruh titik pengukuran suhu. Hasil analisis menunjukkan bahwa semua titik pengukuran memiliki nilai signifikansi $< 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa seluruh data pengukuran suhu tidak memenuhi asumsi distribusi normal. Hal ini menjadi pertimbangan penting dalam pemilihan metode statistik lanjutan, karena analisis parametrik yang mengasumsikan distribusi normal mungkin tidak sesuai dan perlu digantikan dengan metode non-parametrik yang lebih robust terhadap pelanggaran normalitas.

Tabel 16 Ringkasan Hasil Uji Normalitas

No	Temperatur	AIS-TCL-3	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7	TC8	TC9
1	30.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	40.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
3	50.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	60.00	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
5	70.00	0.000	0.000	0.000	0.002	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	80.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	90.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	100.00	0.000	0.006	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
9	110.00	0.000	0.001	0.001	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	120.00	0.000	0.000	0.002	0.002	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	130.00	0.000	0.001	0.018	0.000	0.001	0.002	0.001	0.000	0.001	0.000
12	140.00	0.000	0.000	0.015	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	150.00	0.000	0.000	0.004	0.030	0.028	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa seluruh data tidak memenuhi asumsi normalitas. Oleh karena itu, analisis statistik selanjutnya dilakukan menggunakan metode nonparametrik, yang tidak mensyaratkan distribusi data normal.

C. Uji Wilcoxon

Pada bagian uji Wilcoxon data hasil pengukuran dilakukan uji Wilcoxon dengan menggunakan aplikasi SPSS. Berikut ini disajikan hasil Uji Wilcoxon yang telah di lakukan pada setiap suhu dan AIS-TCL-3 dengan masing masing TC secara bergantian, dengan ketentuan :

1. Deksprisi Hipotesis

H_0 : Tidak terdapat perbedaan pembacaan antara alat master dan alat yang dirancang bangun.

H1 : Terdapat perbedaan pembacaan antara keduanya.

2. Hasil Pengujian

Hasil pengujian pada salah satu titik suhu yakni pada suhu 120°C dapat di lihat pada Gambar 4.

Test Statistics ^a									
	TC1 ABS_TCL_2	TC2 ABS_TCL_3	TC3 ABS_TCL_3	TC4 ABS_TCL_2	TC5 ABS_TCL_2	TC6 ABS_TCL_2	TC7 ABS_TCL_2	TC8 ABS_TCL_2	TC9 ABS_TCL_2
2	0,371 ^b	0,064 ^b	0,086 ^b	0,064 ^b	0,086 ^b	0,086 ^b	0,086 ^b	0,086 ^b	0,234 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)									

a. Wilcoxon Signed Rank Test
b. Based on positive ranks.
c. Based on negative ranks.

Gambar 4 Hasil Uji Wilcoxon

Berdasarkan hasil uji normalitas yang telah dilakukan sebelumnya, seluruh data dari sensor *thermocouple* (TC) menunjukkan distribusi yang tidak normal. Oleh karena itu, analisis statistik dilanjutkan menggunakan metode non-parametrik, yaitu uji Wilcoxon, yang digunakan untuk menguji perbedaan antara dua kelompok data yang saling berpasangan namun tidak berdistribusi normal. Dalam hal ini, perbandingan dilakukan antara pembacaan masing-masing *thermocouple* (TC1 hingga TC9) dan alat standar (AIS_TCL_3). Hasil uji Wilcoxon yang disajikan pada Gambar 4 menunjukkan bahwa seluruh nilai signifikansi (Asymp. Sig. 2-tailed) bernilai lebih dari 0,05, yang berarti secara statistik tidak ada perbedaan yang signifikan antara pembacaan *thermocouple* dan alat standar. Sebagai contoh, nilai signifikansi untuk TC1 adalah 0,371; TC2 sebesar 0,064; TC3 sebesar 0,086; dan TC9 sebesar 0,234. Berdasarkan interpretasi statistik, tidak ada perbedaan tersebut dinyatakan signifikan pada tingkat kepercayaan 95%.

Sehingga hipotesis nol (H₀), yaitu tidak terdapat perbedaan antara pembacaan alat master dan alat rancang bangun, diterima. Sedangkan, hipotesis alternatif (H₁) ditolak. Adapun hasil uji Wilcoxon dapat di lihat pada Tabel 17 berikut.

Tabel 17 Ringkasan Hasil Uji Wilcoxon

No	Suhu	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7	TC8	TC9
1	30.00	0.527	0.058	0.527	0.414	0.127	0.096	0.317	0.052	0.527
2	40.00	0.132	0.052	0.109	0.059	0.079	0.071	0.090	0.058	0.257
3	50.00	0.467	0.090	0.225	0.090	0.090	0.366	0.134	0.058	0.157
4	60.00	0.052	0.083	0.088	0.064	0.170	0.060	0.092	0.198	0.248
5	70.00	0.283	0.157	0.152	0.064	0.078	0.414	0.059	0.052	0.096
6	80.00	0.058	0.072	0.102	0.177	0.157	0.712	0.157	0.071	0.052
7	90.00	0.052	0.092	0.093	0.093	0.197	0.068	0.104	0.346	0.166
8	100.00	0.072	0.093	0.097	0.081	0.166	0.124	0.058	0.414	0.056
9	110.00	0.144	0.064	0.056	0.073	0.527	0.054	0.317	0.058	0.157
10	120.00	0.371	0.064	0.086	0.056	0.051	0.157	0.132	0.102	0.234
11	130.00	0.065	0.083	0.053	0.058	0.099	0.051	0.109	0.128	0.201
12	140.00	0.161	0.066	0.053	0.102	0.835	0.102	0.515	0.745	0.433
13	150.00	0.188	0.062	0.091	0.070	0.159	0.068	0.103	0.078	0.056

Hasil uji Wilcoxon kemudian di lihat seberapa besar pengaruhnya menggunakan uji Cohen's D dengan menggunakan Persamaan 1.

Berikut adalah salah satu penjabaran perhitungan pada data dengan nilai Cohen's D terdapat pada TC2 pada temperatur 40°C.

$$d = \frac{M_d}{s}$$

$$d = \frac{0,02}{0,06} = 0,37$$

Berdasarkan hasil uji menggunakan Cohen's D nilai terbesar pada seluruh data adalah 0,57 hal ini berarti terdapat perbedaan sedang sesuai dengan kriteria uji Cohen's D.

Tabel 18. Kriteria Efek Uji Cohen's D

Efek	Kategori
0≤ES≤0,2	Efek Rendah
0,2<ES<0,8	Efek Sedang
ES≥0,8	Efek Tinggi

Hasil uji Wilcoxon dan uji Cohen's D tidak terdapat perbedaan dan efek yang sedang. Adapun hasil pengujian uji Cohen's D dapat di lihat pada Tabel 19 merupakan ringkasan hasil uji Cohen's D pada semua data hasil pengukuran yang telah dilakukan.

Tabel 19. Hasil Uji Cohen's D

No	Temperatur	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7	TC8	TC9
1	30.00	-0.11	0.36	-0.11	-0.15	-0.29	0.31	-0.18	0.37	0.11
2	40.00	0.28	0.37	0.30	0.36	-0.33	0.34	-0.32	0.36	0.21
3	50.00	0.13	0.32	0.22	0.32	-0.32	0.16	-0.28	0.36	0.26
4	60.00	-0.37	0.30	0.33	0.34	-0.33	0.36	-0.34	0.25	-0.2
5	70.00	-0.24	0.31	0.31	0.34	-0.34	0.15	-0.38	0.37	0.31
6	80.00	0.36	-0.35	-0.30	-0.31	-0.26	-0.14	-0.26	0.34	0.37
7	90.00	-0.37	-0.29	-0.37	-0.32	0.24	0.35	0.35	0.17	-0.2
8	100.00	-0.33	-0.37	-0.27	-0.26	0.26	-0.35	0.36	0.15	-0.3
9	110.00	-0.27	-0.30	-0.32	-0.26	0.11	-0.42	-0.18	0.36	-0.2
10	120.00	0.16	-0.28	-0.30	-0.31	-0.40	-0.26	0.28	0.31	-0.2
11	130.00	-0.32	-0.31	-0.52	-0.41	-0.41	-0.38	0.30	0.30	0.25
12	140.00	-0.33	-0.43	-0.45	-0.46	-0.10	-0.36	-0.10	-0.12	-0.2
13	150.00	-0.32	-0.44	-0.41	-0.31	-0.32	-0.36	-0.21	-0.41	-0.3

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis perbedaan alat kalibrator dengan alat master menggunakan Uji Wilcoxon di dapatkan bahwa Hasil analisis menggunakan Uji Wilcoxon dan Uji Cohen's d menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara hasil pengukuran alat kalibrator temperatur sembilan titik dengan alat master temperatur. Nilai signifikansi pada Uji Wilcoxon > 0,05 pada seluruh titik pengukuran menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan antar kedua alat secara statistik. Selain itu, nilai *effect size* dari Uji Cohen's d tergolong dalam kategori rendah hingga sedang, yang menandakan bahwa secara praktis perbedaan tersebut tidak memberikan dampak signifikan terhadap pembacaan pengukuran. Serta, pembacaan dari alat yang di rancang bangun masih berada

dalam batas toleransi pengukuran temperatur sebesar $\pm 1^{\circ}\text{C}$ sebagaimana ditetapkan dalam standar ASTM D-1509.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Weaver, D. Moore, S. Hamm, N. Haycocks, G. Knight, and M. Rezac, "Controlled Temperature Chamber Mapping Reviewers," no. April, 2012.
- [2] A. A. G. E. Kusumaningrat, S. Suhartono, and I. M. A. Mahardiananta, "Rancang Bangun Alat Paraffin Bath Dual Chamber Berbasis Arduino Nano," *J. Resist. (Rekayasa Sist. Komputer)*, vol. 5, no. 2, pp. 159–167, 2022, doi: 10.31598/jurnalresistor.v5i2.1167.
- [3] N. A. Rizki, J. R. Watulingas, and A. Asnawati, "Analisis Perbedaan Nilai Setiap Siklus dalam Penelitian Tindakan Kelas Menggunakan Uji Wilcoxon," *Buana Mat. J. Ilm. Mat. dan Pendidik. Mat.*, vol. 13, no. 2, pp. 169–180, 2023, doi: 10.36456/buanamatematika.v13i2.7258.
- [4] A. Fitri *et al.*, *Dasar-dasar Statistika untuk Penelitian*. 2023.
- [5] S. Inayah *et al.*, *Statistika Non Parametrik*, no. June. 2025.
- [6] F. J. Gravetter, L. B. Wallnau, L.-A. B. Forzano, and J. E. Witnauer, *Statistics for the Behavioral Sciences 10th*. 2020.