

**PERBANDINGAN METODE CURVE FITTING
MENGUNAKAN LINIER REGRESI DAN POWER
EQUATION PADA SENSOR SUHU**
*COMPARISON CURVE FITTING METHOD USING LINEAR
REGRESSION AND POWER EQUATION ON CALIBRATION
TEMPERATURE SENSOR*

**Muhammad Agung Prabowo^{1,4*} Fajar Masan Bali^{1,4} Naufal Ananda¹
Devina Putri Asri³ David Yulizar¹**

- 1) Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah II, Jalan H. Abdul Ghani No 05, Kota Tangerang Selatan, 15412
- 2) Pusat Instrumentasi, Kalibrasi dan Rekayasa BMKG, Jalan Angkasa 1 No. 2 , Kota Jakarta Pusat, 10720
- 3) Stasiun Klimatologi Provinsi Banten, Jalan Kodam Bintaro No. 82 , Kota Tangerang Selatan, 15221
- 4) Program Studi Fisika Instrumentasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Kota Depok.

*Email: muhammad.prabowo@bmgk.go.id

ABSTRAK

Sensor suhu yang digunakan dalam berbagai aplikasi seringkali menghasilkan data yang memerlukan kalibrasi untuk meningkatkan akurasi pengukuran. Namun, terdapat koreksi pengukuran kalibrasi yang dapat mempengaruhi ketepatan hasil pengukuran. Dalam penelitian ini, dilakukan curve fitting terhadap hasil kalibrasi dari sensor suhu DHT11, DHT22, dan LM35. Metode Curve Fitting yang digunakan untuk menyesuaikan data hasil kalibrasi dengan model matematika yang sesuai. Curve Fitting ini bertujuan untuk meminimalkan koreksi pengukuran sensor uji, persamaan kurva tersebut yang akan di program ke mikrokontroler. Proses Curve Fitting ini menggunakan Linier Regresi dan Power Equation untuk menghasilkan model matematis. Metode ini diaplikasikan pada sensor suhu DHT11, DHT22, dan LM35, dan hasilnya menunjukkan bahwa pengukuran sensor uji DHT22 dan LM35 lebih baik menggunakan Power Equation dengan standar deviasi koreksi 0.13°C dan 0.30°C dibandingkan Linier Regresi sebesar 0.23°C dan 0.45°C, sementara hasil pengukuran DHT11 lebih cocok menggunakan Linier Regression dengan nilai standar deviasi 1.16°C dibanding menggunakan power equation 1.20°C. Dengan menggunakan metode curve fitting, hasil koreksi pengukuran dari sensor uji dapat diminimalkan, meskipun nilai setelah curve fitting melewati batas standar operasional dari World Meteorological Organization.

Kata kunci: Kalibrasi, Curve Fitting, DHT11, DHT2, LM35

ABSTRACT

Temperature sensors used in various applications often produce data that require calibration to enhance measurement accuracy. However, calibration measurement corrections can affect the precision of the results. In this study, curve fitting was performed on the calibration results of DHT11, DHT22, and LM35 temperature sensors. The Curve Fitting method was used to adjust the calibration data to a suitable mathematical model. This curve fitting aims to minimize the measurement corrections of the test sensors, and the resulting curve equations will be programmed into a microcontroller. The curve fitting process used Linear Regression and Power Equation to produce mathematical models. This method was applied to the DHT11, DHT22, and LM35 temperature sensors, and the

results showed that the test measurements of the DHT22 and LM35 sensors were better using the Power Equation with a correction standard deviation of 0.13°C and 0.30°C compared to Linear Regression of 0.23°C and 0.45°C , while the DHT11 measurements were more suitable using Linear Regression with a standard deviation value of 1.16°C compared to the Power Equation of 1.20°C . By using the curve fitting method, the measurement corrections of the test sensors can be minimized, although the values after curve fitting exceed the operational standard limits of the World Meteorological Organization.

Keywords: Calibration, Curve Fitting, DHT11, DHT22, LM35.

1. Pendahuluan

Suhu merupakan salah satu besaran fisika yang derajat panas atau dingin yang diukur pada skala tertentu. Satuan suhu yang biasa digunakan adalah derajat Celcius [1]. Sensor suhu merupakan salah satu komponen elektronik dan aplikasi yang melibatkan pengukuran suhu, seringkali masih digunakan dalam pengukuran suhu dan pemantauan sistem [2].

Sensor suhu DHT11, DHT22 dan LM35 adalah jenis alat ukur suhu yang populer digunakan karena kearutannya, keterbacaan yang baik dan ketersediaan yang luas di pasaran. Namun pengukuran dari sensor – sensor tersebut memiliki selisih yang tinggi $0.2 - 3.3^{\circ}\text{C}$ terhadap pengukuran suhu referensinya. Namun hanya di beberapa titik pengukuran di rentang $25 - 30^{\circ}\text{C}$ [3][4], untuk menentukan koreksi sensor maka dilakukan kalibrasi.

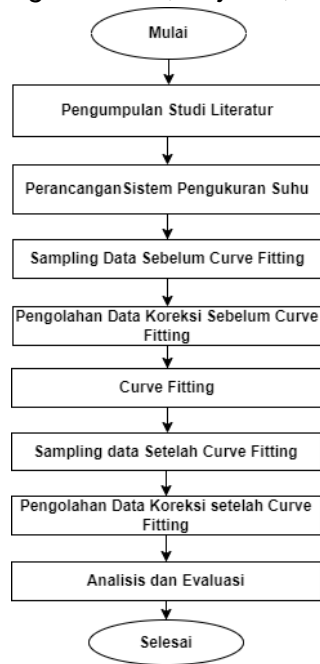
Menurut Metode Kalibrasi Termometer (MK Kalibrasi) Balai Besar MKG Wilayah II. Kalibrasi merupakan kegiatan membandingkan pembacaan alat ukur tes dan alat standar pada set poin tertentu. Hasil Kalibrasi adalah berupa koreksi dan ketidakpastian yang berkaitan dengan pembacaan alat ukur [6][24]. *Curve Fitting* merupakan metode yang dikenal dan digunakan untuk upaya pembuatan model matematis, Dalam konteks kalibrasi, *curve fitting* untuk menangani karakteristik sensor yang

tidak linier, terutama sensor yang beroperasi pada rentang pengukuran yang luas sehingga dapat menggambarkan *output* sensor secara akurat dan presisi [5][21]. Tujuan penelitian ini adalah menemukan kurva yang cocok untuk sensor DHT 11, DHT 22 dan LM35 setelah dilakukan kalibrasi mencari standar deviasi dan koreksi yang terkecil, sehingga didapatkan pengukuran yang mendekati nilai yang dihasilkan oleh sensor standar dengan selisih terkecil terhadap sensor suhu standar yang dapat ditambahkan dalam program algoritma mikrokontroler.

2. Metode Penelitian

2.1. Alur Penelitian

Penelitian ini dikerjakan bertahap, pada gambar 1 memaparkan metodologi penelitian yang digunakan secara keseluruhan. Blok diagram alur penelitian yang terlihat pada gambar 1 sebagai berikut:

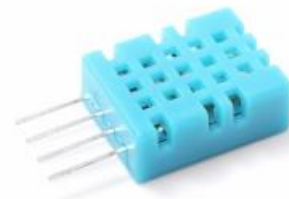


Gambar 1. Alur Penelitian.

Penelitian diawali dengan mengumpulkan studi literatur terkait metode *curve fitting* yang akan digunakan. Setelah itu membuat rancangan sistem pengukuran suhu agar data DHT11, DHT22 dan LM35 yang akan dibandingkan dengan sensor standar. Penelitian ini dilakukan proses pengambilan sampling di laboratorium kalibrasi suhu Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah II. Suhu dikondisikan oleh *temperature chamber* berkisar antara 5 °C hingga 50 °C secara bertahap dengan mengambil 5 sampel data pada tiap set poin suhu. Data yang telah diperoleh kemudian di olah dengan melihat koreksi (selisih) masing – masing sensor terhadap data sensor standar. Data yang sudah diolah dilakukan *curve fitting* pada menggunakan linier Regresi, power equation untuk mengetahui koefisien dan menentukan kurva yang cocok agar pengukuran sensor suhu DHT11, DHT22 dan LM35.

2.2. Sensor DHT11

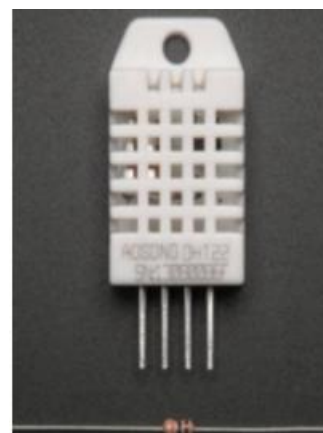
DHT11 merupakan sensor suhu digital yang diproduksi oleh Aosong *Electronic*,.Ltd, berfungsi untuk mengukur suhu suatu objek dan kelembaban, memiliki dengan input voltase dan output digital [7]. Sensor DHT11 memiliki 2 pin input dan 1 pin output.



Gambar 2. Sensor DHT11 (sumber: DHT11 Datasheet).

2.3. Sensor DHT22

Sensor DHT22 merupakan sensor digital untuk mengukur suhu dan kelembaban, yang lebih baik dari DHT11 dengan accuracy ± 0.5 °C dengan resolusi 0.1 °C[9]. Sensor DHT22 menggunakan kapasitor dan thermistor untuk mengukur suhu udara disekitarnya. Terdiri dari 3 Pin, yaitu input, data dan ground. Sensor ini dinilai mampu memberikan respon akuisisi yang cepat, selain itu harga yang relatif murah dan ukuran yang kecil [10].



Gambar 3. Sensor DHT22 (sumber: Adafruit).

2.4. Sensor LM35

LM35 merupakan sensor suhu analog berupa *integrated – circuit* yang dapat digunakan sebagai sensor suhu, dengan *output* voltase yang linear terhadap perubahan suhu, dengan spesifikasi voltase yang dibutuhkan 4 sampai 30V, dan dapat beroperasi pada rentang suhu -55 hingga +150, namun yang digunakan dalam penelitian ini LM35 tipe DZ yang beroperasi pada suhu 0 – 100 °C [6]



Gambar 4. Sensor LM35.

2.5. Curve Fitting

Curve Fitting merupakan metode yang dikenal dan digunakan untuk upaya pembuatan model matematis, dan pencocokan kurva untuk memperoleh model matematik terbaik yang menyatakan hubungan dua data [5]. Metode *Curve Fitting Least Square* merupakan metode pendekatan fungsi polynomial. Metode ini biasanya digunakan untuk, 1) Pemodelan suatu regresi berdasarkan persamaan titik, 2) Analisis kesalahan pada pengukuran atau sebuah model [13].

Metode ini paling sering digunakan untuk memprediksi sumbu Y pada kurva, karena di anggap lebih akurat. Sehingga persamaan garis Y pada Linier Regresi yang dicari adalah:

$$Y = a + bX \tag{1}$$

untuk mencari nilai a dan b kita menggunakan persamaan.

$$a = \frac{\sum y}{n} \tag{2}$$

$$b = \frac{\sum XY'}{\sum X^2} \tag{3}$$

Dimana, Y adalah hasil prediksi, Y' adalah data suhu sensor – sensor *under test*, X adalah data sensor standar, a merupakan nilai *trend* pada pengukuran, b adalah rata – rata kenaikan *trend* pada pengukuran dan n adalah jumlah data. *Power Equation* adalah salah satu fungsi *curve fitting* didalam Metode *Least Square*, untuk mencari persamaan garis nonlinier, pada MATLAB telah disematkan fungsi Linier Regresi dan *Power Equation* pada *curve fitting toolbox*. *Power Equation* pada model yang biasa digunakan adalah

$$Y = a. x^b \tag{4}$$

Dimana Y merupakan persamaan garis, a₂ dan x^{b₂} merupakan koefisien yang constant. Model ini sudah diterapkan pada bidang *engineering* dan sains [19].

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini mengambil data sebanyak 5 sampel pada setiap *set point* suhu yang dikondisikan pada *temperature chamber* dari suhu 5 °C, 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C, 35 °C, 40 °C, 45 °C, 50 °C data tersebut diambil dari pengukuran sensor suhu standar dan sensor uji DHT11, DHT22 dan LM35. Gambar 6 adalah grafik pengukuran Sensor Standar terhadap setiap sensor yang di uji.

Tabel 1. Tabel Perbandingan Pengukuran Sensor Suhu Standar dan Sensor Uji.

Setpoint	Standar (°C)	DHT11 (°C)	DHT22 (°C)	LM35 (°C)
1	5.01	4.20	3.6	2.7
2	5.02	4.20	3.6	2.6
3	5.16	4.20	3.6	2.7
4	5.18	4.20	3.6	2.9
5	5.19	4.20	3.6	2.8
6	9.92	8.70	9.4	7.7
7	9.93	8.70	9.4	7.7
8	9.98	8.70	9.5	7.7
9	10.10	8.70	9.5	7.7
10	10.19	8.70	9.6	7.7

11	15.19	12.20	14.8	14.2
12	15.23	12.20	14.8	14.2
13	15.24	12.20	14.8	14.3
14	15.30	12.30	14.8	14.3
15	15.37	12.20	14.8	14.3
16	19.80	18.90	21.5	19.3
17	19.94	18.90	21.5	19.3
18	19.95	18.90	21.5	19.3
19	19.99	18.90	21.5	19.3
20	19.99	18.90	21.5	19.3
21	24.93	24.80	24.7	24.6
22	24.95	24.80	24.7	24.6
23	25.07	24.80	24.8	24.7
24	25.10	24.80	24.8	24.7
25	25.10	24.80	24.8	24.7
26	30.07	30.00	29.9	29.8
27	30.11	30.10	29.9	29.8
28	30.14	30.20	29.9	29.8
29	30.15	30.20	29.9	29.7
30	30.17	30.20	29.9	29.7
31	35.41	36.30	35.3	34.5
32	35.43	36.30	35.3	34.5
33	35.44	36.30	35.3	34.6
34	35.46	36.30	35.4	34.6
35	39.90	41.10	39.8	38.9
36	39.94	41.10	39.8	39
37	39.96	41.10	39.8	39
38	39.96	41.10	39.9	39
39	39.98	41.10	39.8	39
40	39.99	41.10	39.8	39
41	45.12	44.50	42.3	44.5
42	45.13	44.50	42.3	44.4
43	45.13	44.50	42.3	44.5
44	45.13	44.50	42.3	44.5
45	45.14	44.50	42.3	44.4
46	50.24	52.80	52.3	49.4
47	50.24	52.80	52.3	49.4
48	50.25	52.80	52.3	49.4
49	50.25	52.80	52.3	49.4
50	50.26	52.80	52.3	49.4

Berdasarkan pengukuran suhu pada tabel 1, maka dihitung rata – rata koreksi setiap sensor pada set poin yang telah di tentukan. Data rata – rata setiap set poin dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Rata – Rata Pengukuran Suhu sebelum dimasukan model Matematis.

Sensor Standar (°C)	DHT11 (°C)	DHT22 (°C)	LM35 (°C)
5.111	4.20	3.60	2.74
10.024	8.70	9.48	7.70
15.266	12.22	14.80	14.26
19.935	18.90	21.50	19.30
25.030	24.80	24.76	24.66
30.129	30.14	29.90	29.76
36.327	37.26	36.22	35.42
39.966	41.10	39.82	39.00
45.128	44.50	42.30	44.46
50.245	52.80	52.30	49.40

Tabel 3. Koreksi Pengukuran Setiap Sensor Uji terhadap Sensor Standar sebelum dimasukan Persamaan *Linier Regression* dan *Power Equation*.

Set Poin (°C)	DHT11 (°C)	DHT22 (°C)	LM35 (°C)
5	0.91	1.51	2.37
10	1.32	0.54	2.32
15	3.05	0.47	1.01
20	1.03	-1.57	0.63
25	0.23	0.27	0.37
30	-0.01	0.23	0.37
35	-0.93	0.11	0.91
40	-1.13	0.15	0.97
45	0.63	2.83	0.67
50	-2.55	-2.05	0.85
Standar Deviasi	1.54	1.37	0.72

Berdasarkan Tabel 3. Sensor DHT11 koreksi terkecil pada set poin pengukuran 30 °C sebesar -0.01 °C dan koreksi terkecil pada set poin pengukuran 15 °C sebesar 3.05 °C. Sensor DHT22 koreksi terkecil pada set poin pengukuran 35 °C sebesar 0.11 °C dan koreksi terbesar pada *setpoint* 45 °C sebesar 2.83 °C, serta sensor LM35 yang memiliki koreksi terkecil pada *setpoint* 30 – 35 °C sebesar 0.37 °C dan koreksi terbesar pada *setpoint* 5 °C dengan nilai 2.37 °C. Standar deviasi koreksi

pengukuran dari ketiga sensor uji tersebut adalah sensor DHT11 dengan nilai 1.54 °C dan terkecil LM35 dengan koreksi pengukuran 0.72 °C. Berdasarkan tabel 2 setiap set poin memiliki koreksi yang berbeda – beda atau tidak linier terhadap suhu standar. Maka perlu dilakukan *curve fitting* untuk memperkecil sebaran koreksi pada pengukuran di setiap set poin.

Pada metode *curve fitting* linier Regresi. Fitting dengan Regresi Linier Persamaan garis DHT11 didapat $Y = 1.0763 - 2.3676X$, persamaan garis DHT22 $Y = 1.0153 - 0.6719X$ dan persamaan garis LM35 $Y = 1.0297 - 1.8688X$ diupload ke program Mikrokontroler pada gambar 5.

```
// Curve Fitting Linier Regression
fit_dht11 = (1.0763 - (2.3676*dht11))
fit_dht22 = (1.0153 - (0.6719*dht22))
fit_lm35 = (1.0297 - (1.8688*lm35))
```

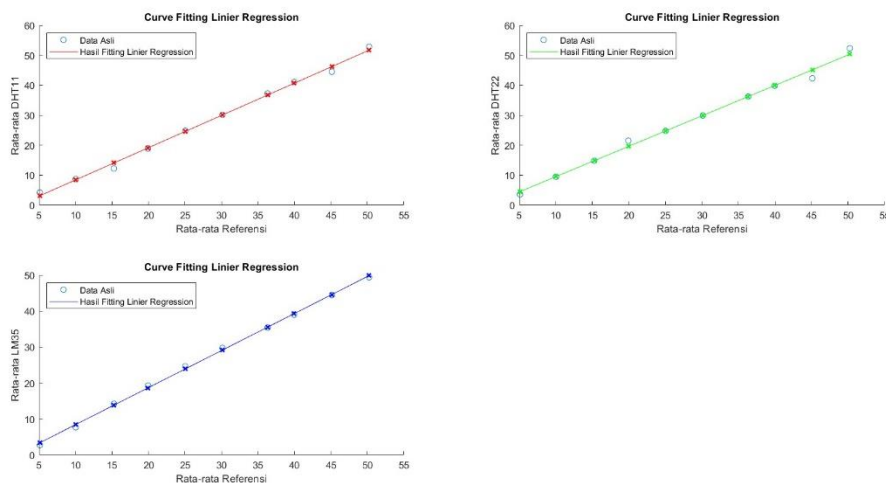
Gambar 5. Potongan Program Curve Fitting Linier Regresi pada Mikrokontroler Arduino.

Setelah menambahkan pada program *curve fitting power equation* dilakukan pengambilan data dengan hasil koreksi pada tabel 6. Sehingga nilai korelasi dapat dilihat pada Gambar 6. Berdasarkan Gambar 6, grafik setelah

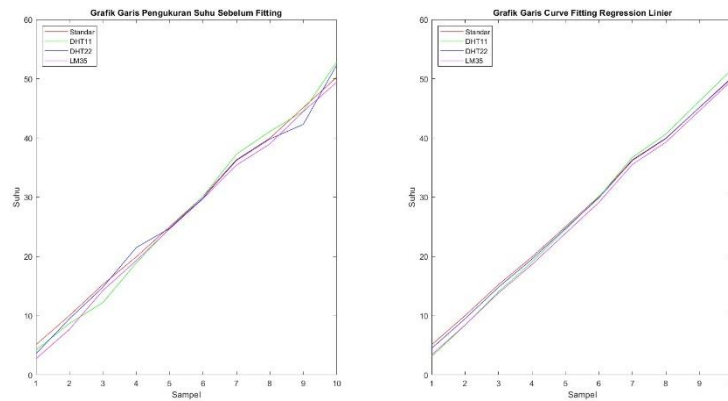
di *curve fitting linier regression* jarak (*gap*) terlihat menyempit, ini disebabkan karena koreksi pada garis yang sudah dilakukan *curve fitting* mengecil, tabel 4 menyajikan koreksi sensor – sensor uji di setiap set poin.

Tabel 4. Koreksi Sensor Uji setelah menggunakan *curve fitting* Linier Regresi.

Set poin	DHT1 1 (°C)	DHT2 2 (°C)	LM35 (°C)
5	1.98	0.59	1.72
10	1.60	0.52	1.57
15	1.20	0.44	1.42
20	0.85	0.37	1.28
25	0.46	0.29	1.13
30	0.07	0.21	0.97
35	-0.40	0.12	0.79
40	-0.68	0.06	0.68
45	-1.07	-0.02	0.53
50	-1.46	-0.10	0.38
Standar Deviasi	1.16	0.23	0.45



Gambar 6. Scatter Plot Curve Fitting Linier Regresi.



Gambar 7. Line Plot Curve Fitting Linier Regression.

Berdasarkan tabel 4 hasil dari *curve fitting* menggunakan linear regresi didapatkan koreksi terkeci DHT11 pada *setpoint* 30 °C sebesar 0.07 °C dan koreksi terbesar pada *setpoint* 5 °C dengan nilai 1.98 °C. Nilai koreksi terkecil DHT22 pada *setpoint* 45 °C dengan nilai -0.02 °C dan koreksi terbesar pada *setpoint* 5°C dengan nilai 0.59°C. Nilai koreksi terkecil LM35 pada *setpoint* 50 °C sebesar 0.38 °C dan nilai koreksi terbesar pada *setpoint* 5 °C sebesar 1.72 °C. Nilai Standar Deviasi setelah *curve fitting* dengan linier Regresi pada DHT11 sebesar 1.16, DHT22 sebesar 0.23 dan LM35 sebesar 0.45, standar deviasi mengalami penurunan dibandingkan sebelum dilakukan *curve fitting* menggunakan linear Regresi.

Menurut Standar WMO No 08, batas *standard* koreksi berada dalam *range* ± 0.2 °C, setelah dilakukan *curve fitting* linier regression terdapat beberapa *setpoint*, pada sensor DHT11 di *setpoint* 30 °C dan pada sensor DHT22 pada *setpoint* 30 °C - 50 °C yang memenuhi standar operasional berdasarkan WMO No 08 [22][23].

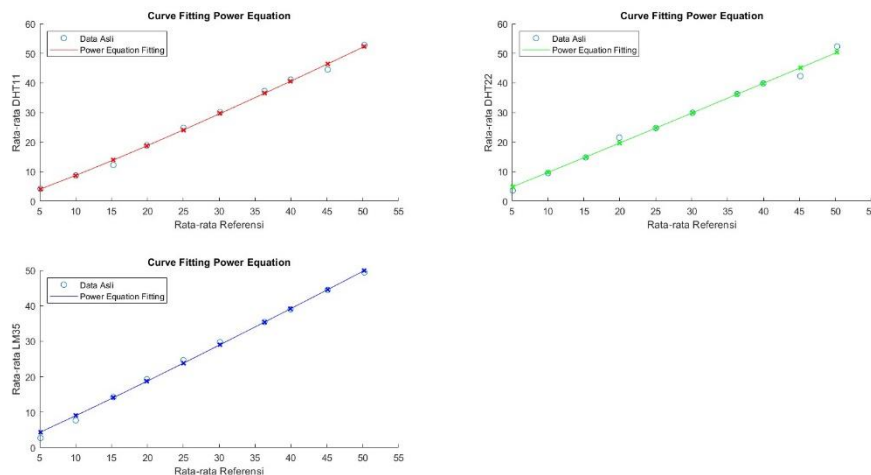
Dapat dilihat pada tabel 4 merupakan tabel data koreksi pengukuran sensor

uji. Nilai Standar Deviasi selisih pengukuran sensor standar terhadap data yang telah *difitting* menggunakan persamaan garis diatas, R^2 , MAE dan RMSE.

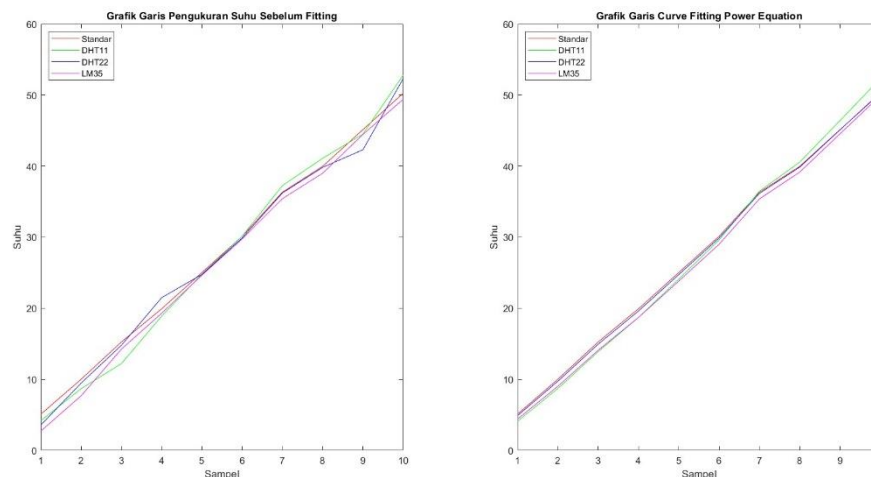
Tabel 5. Evaluasi Model Curve Fitting Linier Regresi.

Sensor	DHT11	DHT22	LM35
R^2	0.9962	0.9924	0.9987
MAE	0.9781	0.2710	1.0461
RMSE	1.1307	0.3322	1.1306

Berdasarkan tabel 5. Nilai R^2 pada sensor DHT11 sebesar 0.9962, DHT 22 sebesar 0.9924 dan LM35 sebesar 0.9987. Nilai MAE DHT 11 sebesar 0.9781, DHT22 sebesar 0.2710 dan LM35 sebesar 1.0461. Nilai RMSE sensor DHT11 sebesar 1.1307, Nilai RMSE DHT22 sebesar 0.3322 dan Nilai RMSE LM35 sebesar 1.1306, nilai MAE dan RMSE setelah menggunakan *curve fitting* linear Regresi menunjukkan bahwa sensor DHT22 memiliki tingkat kesalahan yang lebih rendah dibandingkan dengan sensor DHT11 dan LM35.



Gambar 8. Scatter Plot Curve Fitting Power Equation.



Gambar 9. Line Plot Curve Fitting Power Equation.

Percobaan Kedua menggunakan *curve fitting* dengan *power equation*. Mendapatkan persamaan garis DHT11 $Y = 0.6722 \cdot x^{1.112}$, persamaan garis untuk sensor DHT22 $Y = 0.9302 \cdot x^{1.019}$, dan persamaan garis yang didapatkan pada *curve fitting* menggunakan *Power Equation* untuk sensor LM35 $0.7815 \cdot x^{1.061}$ diupload ke program Mikrokontroler pada gambar 10. Setelah menambahkan pada program *curve fitting power equation* dilakukan pengambilan data dengan hasil koreksi pada tabel 6.

```
// Curve Fitting Power Equation
fit_dht11 = (0.6722 * (dht11^1.112))
fit_dht22 = (0.9302 * (dht22^1.019))
fit_lm35 = (0.7815 * (lm35^1.061))
```

Gambar 5. Potongan Program Curve Fitting Power Equation pada Mikrokontroler Arduino.

Gambar 7 merupakan *scatter plot* Sensor Standar terhadap sensor uji dengan menggunakan *Curve Fitting Power Equation*. Berdasarkan gambar 8, diketahui garis sensor uji semakin mendekati garis dari sensor standar, pada pengukuran suhu 5 °C – 20 °C gap semakin mengecil dikarenakan koreksi dari sensor – sensor uji

mengecil setelah dilakukan fitting dengan *power equation*, untuk lebih jelas maka pada tabel 6 disajikan tabel data koreksi sensor – sensor uji di setiap set poin dengan standar deviasi koreksi sensor uji.

Tabel 6. Koreksi Sensor Uji setelah menggunakan *curve fitting Power Equation*.

Set poin	DHT11	DHT22	LM35
5	0.99	0.21	0.70
10	1.31	0.29	1.00
15	1.35	0.32	1.17
20	1.22	0.31	1.22
25	0.92	0.29	1.20
30	0.51	0.24	1.12
35	-0.14	0.16	0.94
40	-0.59	0.11	0.81
45	-1.29	0.02	0.58
50	-2.06	-0.08	0.32
Standar Deviasi	1.20	0.13	0.30

Berdasarkan tabel 6, didapatkan data koreksi sensor uji dengan menggunakan *power fitting* terbesar DHT11 pada *setpoint* 50°C sebesar -2.06 °C dan koreksi terkecil pada *setpoint* 35 °C sebesar -0.14 °C. Koreksi terbesar sensor DHT22 pada *setpoint* 15 °C sebesar 0.32 °C dan koreksi terbesar pada *setpoint* 45 °C sebesar 0.02 °C. Nilai koreksi LM35 terbesar pada *setpoint* 20 °C sebesar 1.22 °C dan koreksi terkecil pada *setpoint* 50 °C sebesar 0.32 °C. Standar deviasi koreksi sensor uji DHT 22 dan LM35 mengalami penurunan sebesar 0.13 °C dan 0.30°C dibanding menggunakan *curve fitting* linear Regresi sebaliknya dengan sensor uji DHT11 mengalami kenaikan standar deviasi sebesar 1.20 °C.

Tabel 7. Evaluasi Model *Power Equation*.

Sensor	DHT11	DHT22	LM35
R2	0.9965	0.9921	0.9971
MAE	1.0381	0.2027	0.9042
RMSE	1.1571	0.2259	0.9478

Berdasarkan tabel 7. Nilai R² pada sensor uji DHT11 sebesar 0.9965 nilai ini meningkat dibanding ketika menggunakan *curve fitting* linear Regresi namun terjadi peningkatan nilai MAE dan RMSE sebesar 1.0381 dan 1.1571 ini sejalan dengan koreksi yang mengalami peningkatan menggunakan *curve fitting power equation*. Nilai R² DHT22 dan LM35 mengalami penurunan sebesar 0.9921 dan 0.9971, nilai MAE dan RMSE pada sensor DHT22 0.2027 dan 0.2259. pada sensor LM35 nilai MAE sebesar 0.9042 dan RMSE sebesar 0.9478.

Menurut Standar WMO No 08, batas standard koreksi berada dalam *range* ±0.2 °C, setelah dilakukan *curve fitting linier regression* terdapat beberapa setpoint, pada sensor DHT11 di setpoint 35 °C dan pada sensor DHT22 pada setpoint 35 °C - 50 °C yang memenuhi standar operasional berdasarkan WMO No 08 [22][23]. Berdasarkan *curve fitting linier regression* dan *power equation* pada sensor uji dengan koreksi terkecil adalah sensor DHT22. Menurut Yulizar, dkk., sensor DHT11 dan DHT22 merupakan sensor yang memiliki nilai pengukuran baik untuk digunakan pada pengukuran suhu memiliki ketidakpastian kecil pada metode kalibrasi laboratorium dan memiliki performa akurasi yang baik di pada pengujian lapangan yaitu sebesar 97.17% dan 98.15% [20].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dari ketiga sensor uji tersebut dengan

M. Agung Prabowo, Fajar M, Naufal dkk

menggunakan Metode *Curve Fitting* Regresi Linier dan *Power Equation* memiliki pengaruh berbeda terhadap koreksi sensor suhu DHT11, DHT22 dan LM35. Percobaan pertama menggunakan linier Regresi sensor DHT22 menunjukkan koreksi yang lebih kecil dibandingkan dengan sensor DHT11 dan LM35, ini ditunjukkan dengan nilai MAE dan RMSE yang lebih kecil. Percobaan kedua menggunakan *power equation* nilai koreksi sensor DHT22 tetap kecil, sementara DHT11 mengalami peningkatan koreksi dengan nilai MAE dan RMSE yang lebih tinggi. Sensor LM35 juga mengalami peningkatan koreksi dengan nilai MAE dan RMSE. Standar deviasi koreksi sensor berdasarkan hasil percobaan pada pengujian bahwa DHT22 dan LM35 cenderung lebih rendah menggunakan *curve fitting power equation* ini menunjukan kestabilan hasil pengukuran, pada sensor DHT11 standar deviasi cenderung lebih besar saat menggunakan *curve fitting* linier Regresi dibandingkan *power equation*, maka dari itu perlu mempertimbangkan pemilihan metode *curve fitting* yang lain untuk mengurangi nilai standar deviasi koreksi pada pengukuran dan menurunkan nilai MAE dan RMSE untuk sensor DHT11.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih Kepada Seluruh Pihak yang terlibat dan khususnya Laboratorium Kalibrasi Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah II

Daftar Pustaka

- [1] Hidayat Dody & Sari, Ika.(2021)."*Monitoring Suhu dan Kelembaban Berbasis Internet of Things (IoT)*".Jurnal Penelitian Teknik Informatika.
- [2] Baihaqi, Muhammad & Wijaya, Wilbert.(2021)."*Penerapan Filter Kalman untuk Meningkatkan Akurasi dan Presisi Sensor Suhu LM35*".Konstelasi:Konvergensi Teknologi dan Sistem Informasi.
- [3] Utama, Yoga A.K.(2016)."*Perbandingan Kualitas Antar Sensor Suhu dengan Menggunakan Arduino Pro*".e-Jurnal NARODROID Vol. 2 No.2.2016.
- [4] Hadi,Sirojul & Labib, Putra M.D. & Widayaka, D.Parama. *Perbandingan Akurasi Pengukuran Sensor LM35 dan Sensor DHT11 Untuk Monitoring Suhu Berbasis Internet of Things*. STRING(Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi) Vol.6 No.3.2022.
- [5] Razali, Muhammad&Elazhari&Tampubolon, Khairudin.(2021)."*Pencocokan Kurva Dengan Metode Kuadrat Terkecil dan Metode Gauss*".All Fields of Science J-LAS.
- [6] Irawan, Anom.(2019)."*Kalibrasi Spektrofotometer Sebagai Penjaminan Mutu Hasil Pengukuran dalam Kegiatan Penelitian dan Pengujian*".Indonesian Journal of Laboratory.
- [7] Awaludin,Muhammad&Rangan,Andi Y.&Yusnita, Amelia.(2021)."*Internet of Things(IoT) Based Temperature and Humidity Monitoring System in the Chemical Laboratory of the Samarinda Industry*".

M. Agung Prabowo, Fajar M, Naufal dkk

Standardization and Research Center.TEPIAN Vol.2 No.3.2021.

- [8] DHT11 Datasheet.Aosong Electronics Co.,Ltd.
- [9] Liu T.(2016). *Digital Humidity and Temperature sensor*. Adfruit.
- [10] Puspasari, Fitri&Satya, Trias P,dkk.(2020). *Analisis Akurasi Sistem Sensor DHT22 berbasis Arduino terhadap Termohygrometer Standar*. Jurnal Fisika dan Aplikasinya Vol.16, Nomor 1.
- [11] LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors,LM35 Datasheet Texas Instruments.SNIS159H-August 1999-Revised December 2017.
- [12] Ridwan, Ahmad.Faisol, Ahmad. Wahyuni, S Febriana."Penerapan Metode Least Square untuk Prediksi Penjualan Berbasis Web pada Doni Sport Malang".
- [13] Mulyani, Dwi.(2015).*Prediction of New Student Numbers Using Least Square Method*. International Journal of Advance Research in Artificial Intelligence (IJARAI) Vol. 4, No.11.
- [14] Arduino Mega 2560 Datasheet. Arduino. 2023.
- [15] Desai, Sumeet&Bhateshvar, Yogesh.(2022).*Development of Unified Diagnostic Services on Can using MATLAB and Arduino*.2nd International Conference and Exposition on Advances in Mechanical Engineering.
- [16] Meje, Kelebogile C.&Bokopane, Lindiwe.dkk.(2022).*Real-time power dispatch in a standalone hybrid multiscource distributed energy system using an Arduino Board*.4th International Conference on Electrical Engineering and Green Energy(ICEEGE).
- [17] Reis, Eduardo&Gralha, Catarina&Monteiro, Miguel P.(2022).*Surveying communities of users of MATLAB and clone languages*. Journal of Computer Languages 73.
- [18] Curve Fitting Toolbox for Use with MATLAB.The MathWorks.2004.
- [19] Chapra. Steven C.(2018).*Applied Numerical Methods with MATLAB® for Engineers and Scientists Fourth Edition*.McGraw-Hill Education.
- [20] Yulizar, D., Soekirno, S., Ananda, N., Prabowo, M. A., Perdana, I. F. P., & Aofany, D. (2023). *Performance analysis Comparison of DHT11, DHT22 and DS18B20 as temperature measurement*. In Advances in physics research/Advances in Physics Research (pp. 37–45). https://doi.org/10.2991/978-94-6463-232-3_5
- [21] B. Nikolova, G. Nikolov and M. Todorov, "Curve fitting of sensors' characteristics", *Annual Journal of Electronics ISSN*, pp. 1313-1842, 2009.
- [22] World Meteorological Organization (WMO),Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation, Update in 2017,

M. Agung Prabowo, Fajar M, Naufal dkk
WMO no.08. Secretariat of the
World Meteorological
Organisation, Geneva, 2014.

- [23] Utama, S. M. (2019). Rancang Bangun Sistem Buoy Menggunakan Sistem Komunikasi Long Range Untuk Pengamatan Wilayah Pesisir. *JlIF (Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika)*, 3(1), 19–25. <https://doi.org/10.24198/jiif.v3i1.20623>
- [24] Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah II. "Metode Kalibrasi Termometer". Termutakhir Tahun 2023. Tangerang Selatan.