

KALIBRASI ALAT UKUR TEMPERATUR DAN KELEMBAPAN KERETA REL DIESEL ELEKTRIK

Mizanul Asrori ^{1*}, Wida Yuliar Rezika ², Alfi Tranggono Agus Salim ³, Bachtera Indarto ⁴,
Rahardian Titus Nudiansyah⁵

^{1,2,3}Jurusan Teknik Program Studi Perkeretaapian Politeknik Negeri Madiun, Madiun 63133

⁴Dept. Fisika Fakultas Sains dan Analitika Data Institut Sepuluh November, Surabaya 60111

⁵Divisi Teknologi Departemen Engineering PT. INKA (Persero), Madiun 63122

¹mizanul.asrori11@gmail.com, ²widayuliar@pnm.ac.id, ³alfitranggono@pnm.ac.id,

⁴bachtera@physics.its.ac.id, ⁵rahardian.titus@inka.co.id

Abstrak

Keakuratan merupakan faktor penting dalam pengukuran. Alat ukur temperatur dan kelembapan (*SMD22*) dapat digunakan untuk pengujian temperatur dan kelembapan di delapan titik sekaligus pada kereta rel diesel elektrik (KRDE). Alat ukur (*SMD22*) ini belum diketahui nilai keakuratannya, sehingga mengakibatkan hasil pengukuran yang tidak konsisten. Solusi dari permasalahan tersebut adalah dilakukan kalibrasi pada alat ukur (*SMD22*). Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan alat ukur yang tertelusur dalam pengukuran temperatur dan kelembapan. Metode penelitian ini adalah membandingkan hasil data alat ukur (*SMD22*) terhadap hasil data alat ukur UNI-T sebagai standar acuan. Proses pengukuran dilakukan di delapan titik pengujian pada kereta M. Data pengukuran diolah untuk memperoleh *deviasi* atau penyimpangan dari hasil pengukuran alat ukur (*SMD22*). Hasil penelitian ini yaitu nilai *error* minimum 0,1 °C dan nilai *error* maksimum 0,5 °C untuk pengukuran temperatur. Sedangkan untuk pengukuran *humidity*, nilai *error* minimum 0,3 %RH dan nilai *error* maksimum 4,5 %RH. Dan nilai ketidakpastian relatif alat ukur *SMD22* sebesar 0,3 % hingga 4,0 % untuk pengukuran temperatur dan nilai ketidakpastian relatif 0,1 % hingga 7,7 % untuk pengukuran *humidity*. Nilai *error* sesuai dengan *datasheet* dengan toleransi 0,5 °C untuk pengukuran temperatur, 5 %RH untuk pengukuran *humidity* dan nilai ketidakpastian relatif tidak melebihi 10 % menunjukkan tingkat akurasi yang baik.

Kata kunci : kalibrasi, temperatur, kelembapan, alat ukur, *SMD22*, UNI-T

1. Pendahuluan

Pengkodisian udara menjadi salah satu faktor yang menentukan tingkat kenyamanan pada kereta api. Tingkat kenyamanan temperatur dan kelembapan diatur dalam Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM. 175 Tahun 2015, untuk temperatur berkisar di antara 22 °C hingga 26 °C, sedangkan untuk kelembapan berkisar antara 50% RH hingga 60% RH.

PT. INKA sebagai industri kereta api di Indonesia melakukan pengujian untuk menjamin sistem kereta dapat beroperasi dengan baik. Salah satu pengujian tersebut adalah pengujian temperatur dan kelembapan pada kereta rel diesel elektrik (KRDE). Dalam pengujian temperatur dan kelembapan (KRDE) terdapat beberapa titik pengujian. PT. INKA menggunakan alat ukur manual untuk melakukan pengujian temperatur dan kelembapan. Namun alat ukur tersebut hanya mampu digunakan dalam satu titik pengujian.

Alat ukur temperatur dan kelembapan (*SMD22*) yang telah dirancang dapat digunakan dalam pengujian temperatur dan kelembapan di delapan titik sekaligus. Rancangan alat ukur pada penelitian ini menggunakan modul DHT 22 dengan berbasis *Arduino*. Prinsip kerja dari alat tersebut adalah modul membaca nilai temperatur dan kelembapan yang dikirimkan melalui *transmitter* ke *receiver* untuk

disimpan pada data logger dan ditampilkan pada layar *LCD*.

Alat ukur *SMD22* ini belum diketahui nilai keakuratannya dan mengakibatkan hasil pengukuran yang tidak konsisten. Sehingga alat ukur tersebut diperlukan proses kalibrasi. Menurut buku "*Measurement and instrumentation principles*" oleh Morris, (2001) kalibrasi adalah suatu proses membandingkan keluaran alat ukur yang diuji dengan alat ukur yang sudah diketahui akurasi atau sudah tersertifikasi. Tujuan kalibrasi adalah untuk mengetahui nilai perbedaan dari pembacaan alat dengan membandingkan nilai standar, sehingga dapat menjamin data yang benar dan valid. Irawan, (2019).

Fokus bahasan penelitian ini adalah mengkalibrasi alat ukur temperatur dan kelembapan *SMD22* terhadap alat ukur UNI-T *series* UT333S yang tersertifikasi. Data pengukuran didapatkan dari hasil pembacaan alat ukur *SMD22* dan alat ukur UNI-T. Data tersebut akan di lakukan analisis dan perhitungan untuk mengetahui *error* atau penyimpangan dan akurasi hasil keluaran alat ukur *SMD22*. Diharapkan hasil pembacaan alat ukur temperatur dan kelembapan *SMD22* layak untuk digunakan sebagai alat ukur pada umumnya.

2. Bahan dan Metode

2.1 Alat dan Bahan

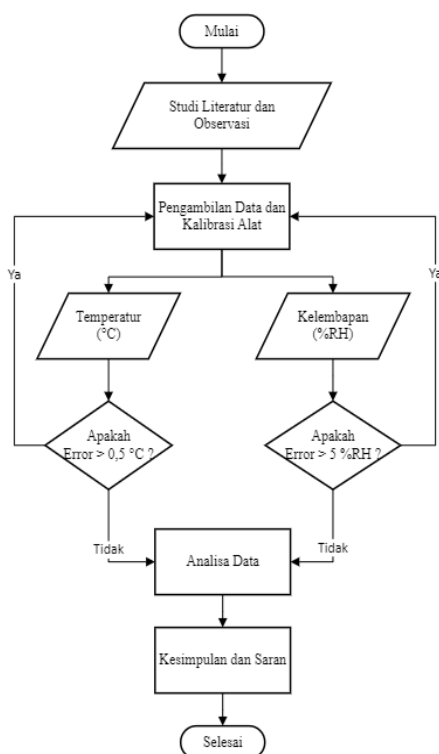
Alat yang dibutuhkan dalam penelitian “Kalibrasi Alat Ukur Temperatur dan Kelembapan Kereta Rel Diesel Elektrik” adalah sebagai berikut.

- UNI-T UT333S Digital Temperatur and Humidity Meter*, alat yang digunakan sebagai standar acuan untuk pengujian pada kereta.
- Microsoft Excel*, media pencatatan dan perhitungan proses kalibrasi.
- Software PLQ-DAQ*, digunakan untuk akuisisi data secara real time.
- M-Car Kereta Rel Diesel Elektrik*, objek pengukuran temperatur dan kelembapan.

Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *Smart Measurement Device for Temperature and Humidity* atau *SMD22* yang merupakan alat ukur temperatur dan kelembapan yang akan dilakukan proses kalibrasi.

2.2 Prosedur Penelitian

Diagram alur penelitian “Kalibrasi Alat Ukur Temperatur Dan Kelembapan Kereta Rel Diesel Elektrik” ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.3 Pengambilan Data

Data penelitian ini bersumber dari hasil pengukuran pada kabin Kereta Rel Diesel Elektrik (KRDE) di PT INKA serta dari referensi *datasheet* dan standar pengukuran yang termuat pada Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM. 175 Tahun 2015

Kementrian Perhubungan, RI. (2015). Data tersebut meliputi data pengukuran temperatur dan kelembapan menggunakan alat ukur *SMD22* dan alat ukur *UNI-T*.

2.4 Analisa Data

Data hasil pengujian dilakukan analisa perhitungan nilai akurasi, hingga diketahui nilai ketidakpastian relatifnya. Hasil dari proses kalibrasi digunakan sebagai validasi nilai keluaran yang dihasilkan oleh alat ukur temperatur dan kelembapan (*SMD22*). Nilai keluaran pada penelitian ini meliputi nilai keakuratan, nilai *error*, dan nilai ketidakpastian pengukuran.

Untuk mencari nilai rata-rata dari hasil pengukuran digunakan rumus sesuai persamaan 1.

$$\bar{x} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \bar{x}_3 + \dots + \bar{x}_n}{n} \tag{1}$$

Nilai penyimpangan atau nilai *error* dari suatu pengukuran dirumuskan sesuai persamaan 2.

$$e = |Y_n - X_n| \tag{2}$$

Keterangan:

- e* = *error*
- Y_n* = nilai sebenarnya
- X_n* = nilai terukur

Ketidakpastian merupakan perbandingan dari nilai *error* terhadap nilai standar acuan dan ketidakpastian relatif dinyatakan dalam bentuk persentase. Ketidakpastian relatif dirumuskan sesuai persamaan 3.

$$KR = \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\% \tag{3}$$

Penyesuaian alat ukur dilakukan melalui kode program pada arduino. Kode program tersebut adalah kode program yang menyatakan nilai dari masing-masing transmitter.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengambilan data didapatkan menggunakan alat ukur *SMD22* (alat yang dikalibrasi) dan *UNI-T* (kalibrator). Alat ukur *SMD22* memiliki delapan unit transducer atau disebut dengan *transmitter*. Pengambilan data dilakukan di dalam KRDE pada kereta tipe M.

3.1 Hasil Pengambilan Data Temperatur

Hasil pengambilan data temperatur pada kereta M KRDE ditunjukkan Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Data temperatur hasil pengukuran alat ukur SMD22 dan UNI-T

	SMD22 (°C)	UNI-T (°C)
Transmitter A	22,8 – 23,0	22,1 – 22,0
Transmitter B	25,2 – 25,4	23,9 – 24,1
Transmitter C	24,9 – 25,0	24,5 – 24,6
Transmitter D	23,9 – 24,0	23,1
Transmitter E	22,3 – 22,4	21,6 – 21,7
Transmitter F	25,4 – 25,6	23,9 – 24,0
Transmitter G	27,3 – 27,5	26,4 – 26,5
Transmitter H	23,3 – 23,4	22,7 – 22,8

3.2 Hasil Pengambilan Data Humidity

Hasil pengambilan data *humidity* pada kereta M KRDE ditunjukkan Tabel 3.1.

Tabel 3.2 Data temperatur hasil pengukuran alat ukur SMD22 dan UNI-T

	SMD22 (%RH)	UNI-T (%RH)
Transmitter A	57,3 – 57,9	50,7 – 51,1
Transmitter B	46,1 – 46,9	53,5 – 54,0
Transmitter C	46,8 – 47,7	49,3 – 49,7
Transmitter D	47,4 – 48,0	52,7 – 53,3
Transmitter E	48,2 – 48,9	57,4 – 57,9
Transmitter F	48,5 – 49,4	52,8 – 53,5
Transmitter G	29,9 – 30,8	46,4 – 46,8
Transmitter H	39,9 – 42,0	53,4 – 54,6

3.3 Proses Kalibrasi

Proses kalibrasi menggunakan data hasil pembacaan SMD22 (alat uji) dan UNI-T (kalibrator).

Kalibrasi dilakukan untuk menyesuaikan nilai dari alat uji terhadap kalibratornya.

Tabel 3.3 Nilai rata-rata pembacaan temperatur

	SMD22 (°C)	UNI-T (°C)	ERROR (°C)
Transmitter A	22,9	22,2	- 0,7
Transmitter B	25,3	24,0	- 1,3
Transmitter C	25,0	24,6	- 0,4
Transmitter D	23,9	23,1	- 0,8
Transmitter E	22,4	21,7	- 0,7
Transmitter F	25,5	24,0	- 1,6
Transmitter G	27,4	26,5	0,9
Transmitter H	23,4	22,8	- 0,6

Tabel 3.3 menunjukkan nilai rata-rata hasil pembacaan temperatur dari masing-masing transmitter alat ukur SMD22. Nilai rata rata didapatkan menggunakan rumus (1) dan nilai *error* didapatkan menggunakan persamaan (2). Nilai minus (-) menunjukkan hasil pembacaan transmitter SMD22 lebih besar dari nilai pembacaan UNI-T.

Tabel 3.4 Nilai rata-rata pembacaan *humidity*

	SMD22 (%RH)	UNI-T (%RH)	ERROR (%RH)
Transmitter A	57,6	56,9	-7,6
Transmitter B	46,6	53,8	7,2
Transmitter C	47,2	49,5	2,2
Transmitter D	47,7	53,1	5,4
Transmitter E	48,5	57,6	9,1
Transmitter F	48,9	53,2	4,3
Transmitter G	30,4	46,6	16,1
Transmitter H	40,6	53,8	13,2

Tabel 3.4 menunjukkan nilai rata-rata hasil pembacaan *humidity* dari masing-masing transmitter. Nilai *error* didapatkan menggunakan persamaan (2). Nilai minus (-) menunjukkan hasil pembacaan transmitter SMD22 lebih besar dari nilai pembacaan UNI-T.

Tabel 3.5 menunjukkan nilai ketidakpastian relatif alat ukur SMD22 didapatkan menggunakan rumus pada persamaan (3).

Tabel 3.5 Nilai ketidakpastian relatif (KR)

	Nilai KR Temperatur	Nilai KR Humidity
Transmitter A	3,1 %	13,1 %
Transmitter B	5,4 %	13,3 %
Transmitter C	1,6 %	4,6 %
Transmitter D	3,4 %	10,1 %
Transmitter E	3,2 %	15,7 %
Transmitter F	6,2 %	8,0 %
Transmitter G	3,3 %	34,7 %
Transmitter H	2,6 %	24,5 %

Data hasil pengukuran menggunakan alat ukur SMD22 menunjukkan nilai *error* yang tidak sesuai dengan *datasheet*. Nilai toleransi pada pengukuran temperatur sebesar $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ dan untuk pengukuran *humidity* 5 %RH. Sehingga diperlukan kalibrasi atau penyesuaian pada alat ukur SMD22.

3.4 Penyesuaian Perangkat

Data *error* Tabel 3.3 dan Tabel 3.4 digunakan untuk penyesuaian perangkat atau penyesuaian pada masing-masing *transmitter*. Kalibrasi pada *transmitter* dilakukan dengan cara menyesuaikan nilai pembacaan alat ukur SMD22 terhadap nilai pembacaan UNI-T. Proses penyesuaian dilakukan pada kode program yang digunakan pada masing-masing *transmitter*.

3.5 Pengujian Hasil Kalibrasi

Pengambilan data hasil kalibrasi dilakukan di dalam KRDE pada kereta M. Data temperatur ditunjukkan Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Nilai pembacaan temperatur hasil kalibrasi

	SMD22 (°C)	UNI-T (°C)	ERROR (°C)
Transmitter A	21,6 – 21,8	21,4 – 21,5	0,3
Transmitter B	22,7 – 22,8	23,3	0,5
Transmitter C	23,6 – 23,8	23,6 – 23,7	0,1
Transmitter D	22,1 – 22,3	22,5 – 22,6	0,3
Transmitter E	20,5 – 20,8	20,8 – 20,9	0,2
Transmitter F	22,8 – 22,9	23,3	0,5
Transmitter G	26,5 – 26,7	26,3	0,4
Transmitter H	22,7 – 22,9	23,0 – 23,1	0,2

Data hasil kalibrasi pada pengukuran *humidity* ditunjukkan Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Nilai pembacaan *humidity* hasil kalibrasi

	SMD22 (%RH)	UNI-T (%RH)	ERROR (%RH)
Transmitter A	47,9 – 48,7	47,5 – 48,4	6,7
Transmitter B	59,3 – 63,7	57,2 – 62,8	1,5
Transmitter C	64,4 – 66,1	65,7 – 67,9	1,5
Transmitter D	65,5 – 66,8	61,1 – 62,0	4,5
Transmitter E	75,0 – 80,2	74,1 – 78,2	1,6
Transmitter F	62,6 – 64,0	57,9 – 59,8	4,5
Transmitter G	76,0 – 76,8	79,4 – 79,6	3,2
Transmitter H	78,6 – 81,3	76,9 – 78,0	2,2

Tabel 3.7 menunjukkan nilai hasil pembacaan alat ukur SMD22 dan UNI-T pada pengukuran *humidity*. Dan nilai ketidakpastian relatif alat ukur SMD22 setelah kalibrasi ditunjukkan Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Nilai Ketidakpastian Relatif (KR)

	Nilai KR Temperatur	Nilai KR Humidity
Transmitter A	1,2 %	0,06 %
Transmitter B	2,2 %	2,5 %
Transmitter C	0,3 %	2,3 %
Transmitter D	1,4 %	7,3 %
Transmitter E	0,9 %	2,1 %
Transmitter F	2,0 %	7,7 %
Transmitter G	1,5 %	4,0 %
Transmitter H	0,9 %	2,9 %

Berikut adalah data dari nilai rata-rata *error transmitter* sebelum dan sesudah kalibrasi alat ukur SMD22 ditunjukkan Tabel 3.9

Tabel 3.9 Data sebelum dan sesudah kalibrasi

SMD22	Sebelum Kalibrasi		Sesudah Kalibrasi	
	Temperatur (°C)	Humidity (%RH)	Temperatur (°C)	Humidity (%RH)
Transmitter A	0,7	6,7	0,3	0,3
Transmitter B	1,3	7,2	0,5	1,5
Transmitter C	0,4	2,2	0,1	1,5
Transmitter D	0,8	5,4	0,3	4,5

SMD22	Sebelum Kalibrasi		Setelah Kalibrasi	
	Temperatur (°C)	Humiditas (%RH)	Temperatur (°C)	Humiditas (%RH)
Transmitter E	0,7	9,1	0,2	1,6
Transmitter F	1,6	4,3	0,5	4,5
Transmitter G	0,9	16,1	0,4	3,2
Transmitter H	0,6	13,2	0,2	2,2

Berdasarkan Tabel 3.7 penyimpangan (*error*) setelah dilakukan kalibrasi menunjukkan nilai yang sesuai dengan *datasheet* transduser DHT22. Setelah dilakukan proses kalibrasi, nilai *error* minimum pembacaan temperatur adalah sebesar 0,1°C dan nilai *error* maksimum adalah sebesar 0,5°C. Sedangkan untuk pembacaan *humidity*, nilai *error* minimum adalah 0,3%RH dan nilai *error* maksimum adalah 4,5%RH.

Kesesuaian hasil pembacaan dari alat ukur SMD22 diperkuat dengan nilai ketidakpastian pada hasil data sebelum dan sesudah kalibrasi yang semakin kecil. Nilai ketidakpastian relatif berbanding lurus dengan nilai *error*. Jika nilai *error* semakin kecil maka nilai ketidakpastian relatif juga semakin kecil. Nilai ketidakpastian relatif alat ukur SMD22 ditunjukkan pada tabel 3.10.

Tabel 3.10 Nilai ketidakpastian relatif (KR) alat ukur SMD22

SMD22	Sebelum Kalibrasi		Setelah Kalibrasi	
	Nilai KR Temperatur	Nilai KR Humiditas	Nilai KR Temperatur	Nilai KR Humiditas
Transmitter A	3,1 %	13,1 %	1,2 %	0,06%
Transmitter B	5,4 %	13,3 %	2,2 %	2,5 %
Transmitter C	1,6 %	4,6 %	0,3 %	2,3 %
Transmitter D	3,4 %	10,1 %	1,4 %	7,3 %
Transmitter E	3,2 %	15,7 %	0,9 %	2,1 %
Transmitter F	6,2 %	8,0 %	2,0 %	7,7 %
Transmitter G	3,3 %	34,7 %	4,0 %	4,0 %
Transmitter H	2,6 %	24,5 %	0, %	2,9 %

Toleransi nilai ketidakpastian relatif sebesar 10%, sehingga nilai ketidakpastian relatif yang

melebihi batas toleransi perlu dilakukan kalibrasi, Saptadi, (2014). Nilai ketidakpastian pada alat ukur SMD22 setelah dilakukan proses kalibrasi menunjukkan nilai ketidakpastian relatif pengukuran temperatur dengan nilai minimum 0,3% dan nilai maksimum 4,0%. Sedangkan pada pengukuran *humidity*, nilai ketidakpastian relatif minimum 0,1% dan nilai ketidakpastian relatif maksimum 7,7%.

Hal tersebut menunjukkan bahwa tingkat akurasi pada transmitter semakin meningkat dan sesuai dengan *datasheet* yang digunakan. Sehingga alat ukur SMD22 ini dapat digunakan sebagai alat pengukuran temperatur dan kelembapan.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian “Kalibrasi Alat Ukur Temperatur Dan Kelembapan Kereta Rel Diesel Elektrik” dapat disimpulkan bahwa:

1. Proses kalibrasi menghasilkan nilai *error*, nilai ketidakpastian relatif yang semakin kecil. Sehingga menunjukkan tingkat akurasi yang semakin baik.
2. Alat ukur SMD22 memiliki nilai ketidakpastian relatif 0,3 % hingga 4,0 % untuk pengukuran temperatur dan nilai ketidakpastian relatif 0,1 % hingga 7,7 % untuk pengukuran *humidity*. Nilai ketidakpastian relatif tidak melebihi 10% menunjukkan tingkat akurasi yang baik.
3. Nilai hasil pengukuran SMD22 sesuai dengan *datasheet* dan memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Sehingga alat ukur SMD22 dapat digunakan sebagai alat pengukuran.

Berdasarkan hasil pengukuran temperatur dan kelembapan di 8 (delapan) titik pengujian pada kereta M (KRDE) menunjukkan bahwa alat ukur SMD22 layak untuk digunakan sebagai alat ukur pada umumnya.

Daftar Pustaka:

Aosong Electronics Co.,Ltd. *Datasheet DHT22*.
 Djonoputro, B. D. (1984). *Teori Ketidakpastian: Menggunakan Satuan SI*. 1.
 Faradiba. (2020). *ModulMPF*. 2020.
 Gupta, (2012). *Measurement Uncertainties*
 Hidayat, T., & Restu, F. R. (2018). PENGEMBANGAN DESAIN SISTEM PENGKONDISIAN UDARA KERETA API OLEH PT. INKA (PERSERO). *Jurnal Penelitian Transportasi Darat*, 19(1), 13. <https://doi.org/10.25104/jjptd.v19i1.603>
 Irawan, A. (2019). Kalibrasi Spektrofotometer Sebagai Penjaminan Mutu Hasil Pengukuran dalam Kegiatan Penelitian dan Pengujian. *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(2), 1. <https://doi.org/10.22146/ijl.v1i2.44750>

- Kardianto, K., Kristanti, K. H., Tiswati, K. A., & Dwihapsari, Y. (2019). Analisis Nilai Ketidakpastian dan Faktor Kalibrasi pada Alat Ukur Radiasi di Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan Surabaya. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 15(2), 56. <https://doi.org/10.12962/j24604682.v15i2.4698>
- Kementerian Perhubungan, RI. (2015). *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor: PM 175 Tahun 2015 Tentang Standar Spesifikasi Teknis Kereta Kecepatan Normal Dengan Penggerak Sendiri*.
- Kementerian Perhubungan, R. (2019). *Tindak Lanjut Buku Statistik Bidang Perkeretaapian Tahun 2019.pdf*.
- Morris, A. S. (2001). *Measurement and instrumentation principles*. Butterworth-Heinemann.
- Poerwanto, Hidayati, J., & Anizar. (2012). *Instrumentasi dan Alat Ukur Cetakan Kedua*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Puspasari, F., Satya, T. P., Oktiawati, U. Y., Fahrurrozi, I., & Prisyanti, H. (2020). Analisis Akurasi Sistem sensor DHT22 berbasis Arduino terhadap Thermohygrometer Standar. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 16(1), 40. <https://doi.org/10.12962/j24604682.v16i1.5776>
- Rochim, Taufiq. (2016). *Spesifikasi, Metrologi, & Kontrol Kuantitas Geometri 1*. ITB Press
- Rochim, Taufiq. (2006). *Spesifikasi, Metrologi, & Kontrol Kuantitas Geometri 2*. ITB Press
- Saptadi, A. H. (2014). *Perbandingan Akurasi Pengukuran Suhu dan Kelembaban Antara Sensor DHT11 dan DHT22*. 6(2), 8.
- Uni-Trend Technology (China) CO., LTD.Datasheet UNI-T.