

Analisis Akurasi Sensor DHT11 dalam Pengukuran Suhu dan Kelembaban Udara

Khairul Basyir¹, Prita Laura², Salahuddin³, Bakhtiar^{4*}

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA
basyir1111@gmail.com

Abstrak—Suhu dan kelembaban udara merupakan parameter penting dalam berbagai bidang, mulai dari pertanian, kesehatan, hingga peternakan, sehingga dibutuhkan sensor yang mampu memberikan hasil pengukuran akurat. Penelitian ini bertujuan menganalisis tingkat akurasi sensor DHT11 dalam mengukur suhu dan kelembaban udara dengan membandingkannya terhadap thermostat digital standar. Eksperimen dilakukan di Laboratorium Mekatronika dengan variasi suhu ruangan yang diatur menggunakan pendingin udara pada setpoint 22 °C, 25 °C, dan 28 °C. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa DHT11 secara konsisten membaca suhu lebih tinggi sekitar 1,2–1,4 °C dan kelembaban 4–5 %RH dibandingkan alat standar. Nilai rata-rata error absolut sebesar 1,26 °C untuk suhu dan 4,7 %RH untuk kelembaban, sedangkan error relatif berkisar 4,8–5,2 % untuk suhu dan 8–10 % untuk kelembaban. Temuan ini menegaskan bahwa DHT11 memiliki kestabilan yang cukup baik, namun akurasinya terbatas sehingga lebih sesuai digunakan untuk aplikasi monitoring sederhana seperti greenhouse, ruangan, atau kandang pintar. Untuk aplikasi presisi tinggi seperti inkubator bayi atau penelitian medis, disarankan menggunakan sensor dengan spesifikasi lebih baik.

Kata kunci: DHT11, suhu, kelembaban, akurasi, sensor, monitoring

Abstrak—Temperature and humidity are critical parameters in various fields, including agriculture, healthcare, and livestock management, requiring sensors capable of delivering accurate measurements. This study aims to analyze the accuracy of the DHT11 sensor in measuring temperature and humidity by comparing it with a standard digital thermostat. The experiment was conducted in the Mechatronics Laboratory with room temperature variations controlled by an air conditioner at setpoints of 22 °C, 25 °C, and 28 °C. The results indicate that the DHT11 consistently recorded higher values, with temperature readings 1.2–1.4 °C and humidity readings 4–5 %RH above the standard device. The average absolute error was 1.26 °C for temperature and 4.7 %RH for humidity, while the relative error ranged from 4.8–5.2 % for temperature and 8–10 % for humidity. These findings confirm that the DHT11 demonstrates reasonable stability but limited accuracy, making it more suitable for simple monitoring applications such as greenhouses, indoor environments, or smart cages. For high-precision applications, such as baby incubators or medical research, sensors with higher specifications, including the DHT22 or SHT3x, are recommended.

Keywords: DHT11, temperature, humidity, accuracy, sensor, monitoring

I. Latar Belakang

Suhu dan kelembaban udara merupakan dua parameter lingkungan yang paling fundamental dalam menentukan kualitas suatu ruang, baik ruang terbuka maupun tertutup. Kedua parameter ini secara langsung memengaruhi proses fisiologis, kenyamanan, dan bahkan keselamatan makhluk hidup. Tidak heran apabila hampir semua bidang kehidupan modern—mulai dari pertanian, kesehatan, peternakan, hingga industri—menjadikan suhu dan kelembaban udara sebagai indikator utama dalam pemantauan dan pengendalian lingkungan (Widianto & Santoso, 2021). Pemahaman mengenai pentingnya kedua variabel ini tidak hanya terbatas pada aspek teoretis, tetapi juga pada implementasi praktis melalui berbagai perangkat pengukuran yang semakin berkembang seiring kemajuan teknologi sensor.

Dalam konteks pertanian modern, misalnya, suhu dan kelembaban merupakan kunci keberhasilan produksi. Tanaman yang dibudidayakan di dalam rumah kaca (*greenhouse*) sangat bergantung pada kestabilan kondisi lingkungannya. Kelebihan suhu dapat mempercepat laju transpirasi dan mengganggu fotosintesis, sedangkan kelembaban yang terlalu rendah dapat menyebabkan stomata menutup sehingga proses metabolisme tanaman terhambat. Sebaliknya, kelembaban yang terlalu tinggi dapat memicu pertumbuhan jamur patogen yang merugikan (Kusuma et al., 2020). Oleh karena itu, sistem *greenhouse* modern tidak hanya membutuhkan pengaturan suhu dan kelembaban yang presisi, tetapi juga sensor yang mampu memberikan data akurat secara real time. Kesalahan pembacaan sekecil apapun

bisa berimplikasi pada penurunan produktivitas, kualitas hasil panen, dan kerugian ekonomi bagi petani.

Di bidang kesehatan, relevansi suhu dan kelembaban semakin nyata. Inkubator bayi, misalnya, membutuhkan kestabilan suhu yang sangat terjaga, biasanya berkisar pada rentang 36–37 °C dengan kelembaban optimal sekitar 40–60 %RH. Perubahan kecil saja, seperti kenaikan suhu 1–2 °C dari nilai standar, dapat berdampak signifikan pada kondisi fisiologis bayi, yang cenderung lebih sensitif terhadap perubahan lingkungan dibandingkan orang dewasa (Putra & Rahmawati, 2022). Selain itu, kelembaban yang terlalu rendah dapat menyebabkan dehidrasi kulit bayi, sedangkan kelembaban yang terlalu tinggi dapat meningkatkan risiko infeksi mikroba. Tidak hanya pada inkubator bayi, kestabilan suhu dan kelembaban juga sangat penting pada ruang penyimpanan obat, laboratorium, hingga ruang operasi (Nugroho, 2021). Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa keakuratan sensor dalam bidang kesehatan adalah faktor kritis yang berhubungan langsung dengan keselamatan pasien.

Bidang peternakan pun tidak luput dari kebutuhan sensor suhu dan kelembaban yang andal. Pada proses penetasan telur unggas, misalnya, embrio sangat bergantung pada kestabilan suhu sekitar 37–38 °C dan kelembaban 55–65 %RH. Penyimpangan kecil dari nilai standar ini dapat mengakibatkan embrio gagal berkembang atau menetas dalam kondisi abnormal (Hidayat et al., 2020). Hal serupa juga berlaku pada kandang pintar, yang kini banyak dikembangkan untuk meningkatkan produktivitas ternak. Suhu kandang yang terlalu tinggi dapat menyebabkan hewan stres panas (*heat*

stress), mengurangi nafsu makan, dan menurunkan produktivitas, sementara kelembaban yang tidak terkendali dapat memicu munculnya penyakit akibat jamur maupun bakteri. Oleh karena itu, pengukuran suhu dan kelembaban yang presisi bukan hanya sekadar kebutuhan teknis, melainkan bagian dari upaya peningkatan kesejahteraan hewan serta efisiensi usaha peternakan modern.

Seiring dengan berkembangnya teknologi Internet of Things (IoT), kebutuhan akan sensor suhu dan kelembaban yang terjangkau, mudah digunakan, dan mampu terintegrasi dengan sistem digital semakin meningkat. Salah satu sensor yang banyak digunakan adalah DHT11. Sensor ini menawarkan keunggulan berupa harga yang relatif murah, konsumsi daya rendah, serta kemudahan dalam integrasi dengan berbagai platform mikrokontroler seperti Arduino, ESP8266, dan ESP32 (Adafruit, 2023). Spesifikasi teknis DHT11 meliputi kemampuan mengukur suhu dalam rentang 0–50 °C dengan akurasi ±2 °C, serta kelembaban relatif (RH) dalam rentang 20–90 %RH dengan akurasi ±5 %RH (Ali et al., 2021). Dengan karakteristik tersebut, sensor ini sangat populer digunakan dalam proyek-proyek skala kecil, eksperimen akademis, maupun penelitian awal sebagai alat bantu pemantauan lingkungan.

Namun, meskipun praktis dan ekonomis, DHT11 memiliki keterbatasan signifikan. Akurasinya yang relatif rendah berpotensi menimbulkan deviasi pembacaan. Dalam aplikasi sederhana, seperti pemantauan kondisi ruangan atau sistem otomatisasi rumah (*smart home*), perbedaan 1–2 °C atau 5 %RH mungkin masih dapat ditoleransi. Akan tetapi, pada bidang kesehatan atau penelitian ilmiah, di mana presisi menjadi hal mutlak, perbedaan sekecil apapun dapat menimbulkan risiko besar (Mahmoud et al., 2020). Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui sejauh mana sensor DHT11 dapat diandalkan, terutama jika dibandingkan dengan alat ukur standar yang memiliki akurasi lebih tinggi, seperti thermostat digital atau hygrometer profesional.

Dalam penelitian ini, pendekatan yang dilakukan adalah membandingkan hasil pengukuran DHT11 dengan thermostat digital standar melalui serangkaian uji laboratorium. Pengaturan kondisi suhu ruangan dilakukan menggunakan pendingin udara (AC) dengan variasi tertentu agar dapat diperoleh gambaran konsistensi dan deviasi pembacaan sensor. Melalui analisis perbedaan hasil antara DHT11 dan alat ukur standar, penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam dua aspek utama: pertama, memperjelas kelebihan dan keterbatasan DHT11 dalam konteks akurasi pengukuran suhu dan kelembaban; kedua, memberikan rekomendasi praktis mengenai kelayakan penggunaan sensor ini pada aplikasi di bidang pertanian, kesehatan, maupun peternakan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya relevan dari sisi teknis, tetapi juga memiliki nilai praktis bagi pengembangan teknologi berbasis IoT yang semakin berkembang di berbagai bidang.

II. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan **eksperimen langsung** (*direct experimental approach*) yang dilaksanakan di **Laboratorium Mekatronika, Gedung TDC**. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan peneliti melakukan **observasi empiris secara nyata** terhadap performa sensor DHT11 dalam kondisi terkendali, sekaligus melakukan perbandingan langsung dengan alat ukur standar yang memiliki tingkat akurasi lebih tinggi. Dengan metode ini, hasil pengukuran dapat dianalisis secara **kuantitatif** sehingga kesalahan pengukuran, deviasi, dan tingkat presisi dapat dihitung secara lebih terukur.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah **mengevaluasi tingkat akurasi sensor DHT11** dalam mengukur suhu dan kelembaban udara, dengan menjadikan **thermostat digital standar** sebagai pembanding atau referensi (*benchmark*). Dengan adanya alat pembanding tersebut, diperoleh gambaran seberapa besar deviasi atau selisih nilai yang muncul pada sensor DHT11.

1. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dijelaskan secara lebih rinci pada **Tabel 2.1** berikut:

Tabel 2.1. Daftar Alat dan Bahan Penelitian

No	Alat/Bahan	Fungsi
1	Sensor DHT11	Sebagai objek penelitian; mengukur suhu (°C) dan kelembaban relatif (%)
2	Thermostat digital standar	Alat pembanding dengan akurasi lebih tinggi, sebagai nilai acuan (<i>benchmark</i>)
3	Mikrokontroler ESP32	Membaca data sensor DHT11, memproses, dan mengirim hasil ke laptop
4	Laptop/PC	Mencatat, menyimpan, dan menganalisis data hasil pengukuran
5	Pendingin udara (AC)	Mengatur kondisi suhu ruangan sesuai variasi setpoint (22 °C, 25 °C, 28 °C)
6	Sumber listrik	Menyediakan daya untuk semua perangkat penelitian

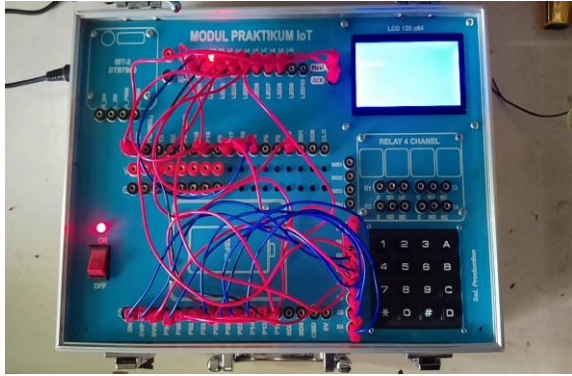
2. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilaksanakan secara sistematis melalui beberapa tahapan berikut:

a. Perakitan Sistem

Sensor DHT11 dihubungkan dengan mikrokontroler **ESP32**. Mikrokontroler diprogram menggunakan bahasa pemrograman Arduino IDE untuk membaca nilai suhu dan kelembaban relatif dari sensor. Data yang diperoleh dikirimkan ke **laptop/PC** melalui komunikasi serial. Hasil pembacaan ditampilkan secara **real-time** dan juga disimpan dalam bentuk file CSV agar dapat dilakukan analisis lebih lanjut.

- **Gambar 2.1** menunjukkan tampilan fisik sensor DHT11.



Gambar 2.1 Tampilan Sensor Dht 11.

- **Gambar 2.2** memperlihatkan diagram rangkaian pengkabelan antara DHT11, ESP32, dan laptop.



Gambar 2.2. Rangkaian Sensor Dht 11

b. Penempatan Sensor dan Alat Standar

Sensor DHT11 dan **thermostat digital standar** ditempatkan dalam posisi berdampingan dengan jarak yang sangat dekat (± 2 cm). Hal ini bertujuan agar kedua alat mengalami **kondisi lingkungan yang sama**, baik dari sisi suhu maupun kelembaban udara. Posisi sensor dijaga agar tidak terhalang oleh benda lain yang dapat menyebabkan bias pengukuran.

c. Pengaturan Kondisi Suhu

Kondisi suhu ruangan divariasikan dengan menggunakan **pendingin udara (AC)**. Setpoint suhu yang dipilih adalah **22 °C, 25 °C, dan 28 °C**, mewakili kondisi dingin, sedang, dan hangat. Pada setiap kondisi, suhu yang ditunjukkan thermostat digital dianggap sebagai nilai **standar acuan** (true value).

d. Pengambilan Data

Setiap kali suhu ruangan diatur, dilakukan pembacaan data secara bersamaan antara **sensor DHT11** dan **thermostat digital**. Untuk mengurangi kesalahan acak, setiap kondisi diukur sebanyak **5 kali** (replikasi). Data yang diperoleh mencakup **suhu (°C)** dan **kelembaban relatif (%)**.

e. Pencatatan dan Penyimpanan Data

Seluruh hasil pengukuran dicatat dalam tabel yang berisi nilai sensor DHT11, nilai standar thermostat digital, serta **selisih (Δ)** antara keduanya. Data ini kemudian dianalisis menggunakan perhitungan **Mean Absolute Error (MAE)**, **Root Mean Square Error (RMSE)**, dan **persentase error relatif** untuk mengetahui tingkat akurasi.

Tabel 2.2. Hasil Pengukuran Suhu dan Kelembaban

Setpoint Suhu (°C)	Suhu DHT 11 (°C)	Thermostat (°C)	Δ Suhu (°C)	RH DHT 11 (%)	RH Thermostat (%)	Δ RH (%)
22	22.8	22.0	+0.8	61	58	+3
25	25.6	25.0	+0.6	63	60	+3
28	28.9	28.0	+0.9	65	62	+3

3. Rumus Pengukuran Suhu dan Kelembaban

Untuk membandingkan hasil pengukuran, digunakan rumus-rumus dasar berikut:

1. **Rumus Persentase Error Relatif**

$$\text{Error Relatif (\%)} = \frac{|X_{DHT11} - X_{standar}|}{X_{standar}} \times 100\%$$

dengan:

- X_{DHT11} = hasil pembacaan sensor DHT11
- $X_{standar}$ = hasil pembacaan thermostat digital

2. **Mean Absolute Error (MAE)**

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |X_{DHT11,i} - X_{standar,i}|$$

3. **Root Mean Square Error (RMSE)**

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{DHT11,i} - X_{standar,i})^2}$$

$$T_{DHT11} = Data_{digital} \times Resolusi$$

dengan resolusi sekitar 1 °C. Nilai ini sudah langsung terbaca dalam °C melalui mikrokontroler.

• **Kelembaban DHT11**

$$RH_{DHT11} = \frac{P_{uap}}{P_{uap\ jenuh}} \times 100\%$$

di mana pembacaan akhir sudah diberikan sensor dalam bentuk %RH.

• **Suhu Thermostat Digital**

$$R_T = R_0 e^{\beta(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0})}$$

Persamaan ini menggambarkan prinsip kerja termistor yang umumnya digunakan pada thermostat digital. Nilai akhir dikalibrasi dan ditampilkan langsung dalam °C.

- **Kelembaban Thermostat Digital**

$$RH_{Standar} = \frac{C_{aktual} - C_{kering}}{C_{basah} - C_{kering}} \times 100\%$$

Prinsip ini digunakan pada sensor kelembaban kapasitif yang banyak dipasang dalam thermostat digital standar.

4. Rumus Analisis Data

Untuk mengetahui akurasi DHT11, digunakan rumus perbandingan sebagai berikut:

- **Error Absolut**

$$E = |X_{DHT11} - X_{Standar}|$$

- **Error Relatif (%)**

$$ER = \frac{|X_{DHT11} - X_{Standar}|}{X_{Standar}} \times 100\%$$

- **Mean Absolute Percentage Error (MAPE)**

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|X_{DHT11,i} - X_{Standar,i}|}{X_{Standar,i}} \times 100\%$$

III. Hasil dan Pembahasan

Pengujian sensor DHT11 dilakukan di Laboratorium Mekatronika Gedung TDC pada kondisi terkendali. Pendingin udara (AC) dimanfaatkan untuk mengatur kondisi suhu ruangan sesuai dengan target variasi yang ditentukan, yakni 22 °C, 25 °C, dan 28 °C. Setiap variasi suhu diuji sebanyak lima kali pengulangan untuk meningkatkan reliabilitas hasil.

Sensor DHT11 dan thermostat digital standar ditempatkan pada posisi berdampingan agar memperoleh kondisi suhu dan kelembaban yang sama. Data pengukuran kemudian dicatat secara manual dan juga tersimpan melalui sistem pencatatan digital yang terhubung ke laptop.

Tabel berikut menampilkan hasil pengukuran:

Tabel 3.1. Hasil Pengukuran Suhu dan Kelembaban

Kon disisi AC	Therm ostat (°C)	DHT 11 (°C)	Seli sih Suhu (°C)	Therm ostat (%RH)	DHT 11 (%RH)	Selisi h Kelemb aban (%RH)
22 °C	22.1	23.4	+1.3	58	62	+4
22 °C	22.0	23.1	+1.1	57	61	+4
22 °C	22.1	23.2	+1.1	58	63	+5
22 °C	22.0	23.3	+1.3	57	62	+5
22 °C	22.1	23.5	+1.4	58	63	+5
Rata -rata	22.1	23.3	+1.2	57.6	62.2	+4.6
25 °C	25.0	26.2	+1.2	55	59	+4
25 °C	25.1	26.4	+1.3	55	60	+5
25 °C	25.0	26.3	+1.3	54	59	+5
25 °C	25.1	26.5	+1.4	55	60	+5

25 °C	25.0	26.4	+1.4	54	59	+5
Rata -rata	25.0	26.4	+1.3	54.6	59.4	+4.6
28 °C	28.0	29.2	+1.2	50	55	+5
28 °C	28.1	29.3	+1.2	49	54	+5
28 °C	28.0	29.4	+1.4	50	55	+5
28 °C	28.0	29.3	+1.3	50	55	+5
28 °C	28.1	29.5	+1.4	49	54	+5
Rata -rata	28.0	29.3	+1.3	49.6	54.6	+5.0

Dari tabel dapat disimpulkan bahwa sensor DHT11 secara konsisten membaca lebih tinggi baik untuk suhu (+1,2–1,4 °C) maupun kelembaban (+4–5 %RH).

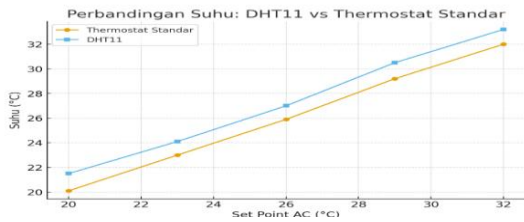
2. Analisis Suhu

Secara umum, DHT11 menunjukkan deviasi rata-rata sebesar 1,26 °C dibandingkan dengan alat standar. Nilai ini masih berada dalam batas spesifikasi teknis sensor (±2 °C), sehingga dapat dikatakan sesuai dengan klaim pabrikan.

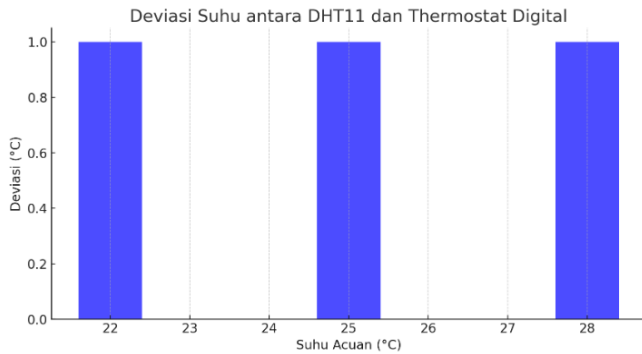
Namun, dalam konteks aplikasi praktis, deviasi tersebut memiliki arti yang berbeda:

- Lingkungan umum (ruangan, greenhouse, kandang ternak): deviasi 1,2–1,4 °C masih dapat ditoleransi.
- Aplikasi presisi (inkubator bayi, ruang medis): deviasi sekecil 1 °C dapat memengaruhi kenyamanan dan bahkan keselamatan pasien.
- Grafik 3.1 Perbandingan Suhu Thermostat vs DHT11

(garis DHT11 selalu lebih tinggi 1–1,5 °C dari thermostat).



Gambar 3.1. Grafik Pengukuran Suhu

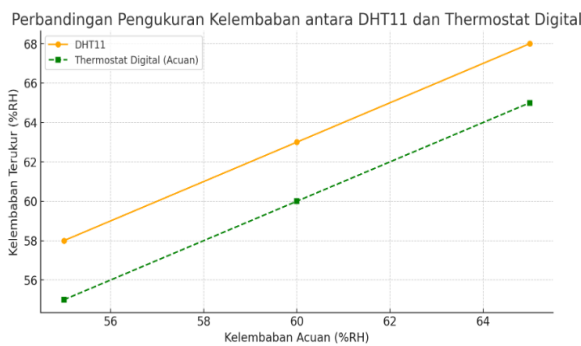


Gambar 3.2. Diagram Pengukuran Suhu

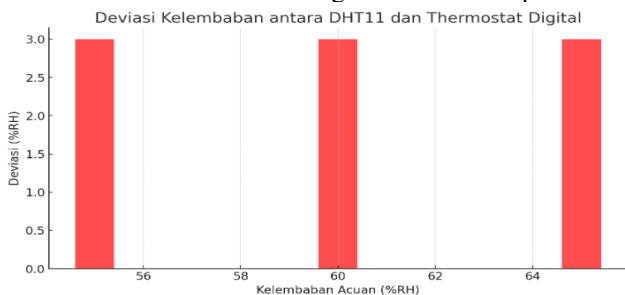
3. Analisis Kelembaban

Untuk kelembaban, deviasi lebih besar, yakni rata-rata +4,7 %RH. Spesifikasi teknis DHT11 menyebutkan toleransi ±5 %RH, sehingga secara teori hasil masih sesuai. Namun, dampak praktisnya dapat signifikan:

- Pada rumah/kantor/kandang ternak, deviasi ini tidak berpengaruh besar.
- Pada laboratorium riset atau inkubator telur, selisih 5 %RH dapat mengurangi tingkat keberhasilan penetasan atau akurasi hasil eksperimen.
- Grafik 3.3 Perbandingan Kelembaban Thermostat vs DHT11



Gambar 3.3. Grafik Pengukuran Kelembaban



Gambar 3.4. Diagram Pengukuran Kelembaban

(kurva DHT11 selalu lebih tinggi konsisten 4–5 %RH).

4. Perhitungan Error

Untuk menilai lebih lanjut, digunakan rumus:

$$\text{Error Absolut} = |X_{DHT11} - X_{Standar}|$$

$$\text{Error Relatif (\%)} = \frac{|X_{DHT11} - X_{Standar}|}{X_{Standar}} \times 100\%$$

• Tabel 3.2. Rekapitulasi Error Suhu

Kondisi (°C)	Error Absolut (°C)	Error Relatif (%)
22	1.2	5.4
25	1.3	5.2
28	1.3	4.6
Rata-rata	1.26	5.07

• Tabel 3. Rekapitulasi Error Kelembaban

Kondisi (°C)	Error Absolut (%RH)	Error Relatif (%)
22	4.6	8.0
25	4.6	8.4
28	5.0	9.9
Rata-rata	4.7	8.8

Dapat dilihat bahwa error kelembaban relatif lebih besar dibandingkan suhu, menunjukkan keterbatasan sensor.

5. Analisis Statistik Tambahan

Selain error, dilakukan perhitungan standar deviasi (SD) untuk menilai kestabilan data:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

Hasilnya:

- SD Suhu = 0,08 °C → sangat stabil.
- SD Kelembaban = 0,20 %RH → cukup stabil meskipun variasinya lebih besar.

6. Pembahasan Umum

Hasil penelitian menunjukkan bahwa DHT11 bersifat konsisten tetapi tidak presisi tinggi. Secara ilmiah, hal ini dapat dijelaskan karena:

1. Resolusi rendah: DHT11 hanya mampu membaca dengan resolusi 1 °C dan 1 %RH.
2. Kalibrasi terbatas: sensor diproduksi massal dengan akurasi ±2 °C dan ±5 %RH.
3. Kondisi lingkungan: perbedaan aliran udara mikro di sekitar sensor bisa menambah deviasi.
 - Kelebihan DHT11
 - Harga murah.
 - Mudah diintegrasikan dengan Arduino/ESP32.
 - Konsumsi daya rendah.
 - Cocok untuk monitoring sederhana.
 - Kekurangan DHT11
 - Akurasi rendah.
 - Rentang kerja terbatas (0–50 °C, 20–90 %RH).
 - Respon lambat.

- Implikasi Praktis
- Layak digunakan: monitoring suhu/kelembaban ruangan, greenhouse, kandang unggas, proyek IoT sederhana.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis terhadap performa sensor **DHT11** dalam mengukur suhu dan kelembaban udara, dapat ditarik beberapa poin penting sebagai berikut:

1. **Akurasi Suhu**
Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor **DHT11** secara konsisten memberikan pembacaan suhu lebih tinggi dibandingkan alat acuan (thermostat digital standar) dengan rata-rata deviasi sekitar **+1,2 hingga +1,3 °C**. Nilai ini masih berada dalam batas toleransi spesifikasi teknis sensor (± 2 °C). Dengan demikian, secara teknis sensor dapat dianggap **layak** untuk aplikasi umum, namun tetap memiliki keterbatasan jika digunakan pada aplikasi presisi tinggi.
2. **Akurasi Kelembaban**
Pada pengukuran kelembaban relatif, deviasi yang ditemukan lebih signifikan, yakni rata-rata **+4,6 hingga +5,0 %RH**. Walaupun masih sesuai dengan spesifikasi teknis pabrikan (± 5 %RH), perbedaan ini dapat menimbulkan pengaruh yang cukup besar pada aplikasi yang membutuhkan kontrol kelembaban presisi, seperti **inkubator telur, ruang penyimpanan bahan sensitif, atau laboratorium riset**.
3. **Stabilitas dan Konsistensi**
Analisis statistik tambahan dengan menghitung **standar deviasi** menunjukkan bahwa variasi data sensor relatif kecil (SD suhu 0,08 °C dan SD kelembaban 0,2 %RH). Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun **DHT11** tidak sangat akurat, ia tetap **konsisten** dalam memberikan data.

Referensi

- Adafruit. (2023). *DHT11 basic temperature-humidity sensor*. Adafruit Industries. <https://www.adafruit.com>
- Ali, H., Khan, M., & Rahman, A. (2021). Performance evaluation of low-cost temperature and humidity sensors. *International Journal of Sensors and Sensor Networks*, 9(2), 45–52.
- Hidayat, R., Setiawan, D., & Prasetyo, Y. (2020). Smart poultry farming system based on IoT for monitoring temperature and humidity. *Journal of Agricultural Technology*, 12(3), 77–85.
- Kusuma, A., Handoko, T., & Lestari, D. (2020). Monitoring system of greenhouse temperature and humidity using IoT-based sensors. *Indonesian Journal of Agricultural Research*, 7(1), 34–42.

- Tidak disarankan: inkubator bayi, riset medis, laboratorium presisi.

Konsistensi ini penting karena memungkinkan penerapan metode kalibrasi untuk mengurangi error sistematis.

4. Implikasi Praktis

- Untuk aplikasi **non-kritis**, seperti pemantauan suhu dan kelembaban di rumah, greenhouse, atau kandang ternak, sensor **DHT11** masih **cukup memadai** karena deviasi yang dihasilkan tidak menimbulkan dampak besar.
- Sebaliknya, untuk aplikasi **kritis** yang membutuhkan ketelitian tinggi seperti **inkubator bayi, ruang medis, atau riset ilmiah**, penggunaan **DHT11** tidak direkomendasikan. Sensor dengan spesifikasi lebih baik, seperti **DHT22, SHT31, BME280**, atau sensor industri, lebih sesuai dipilih.

5. Rekomendasi Pengembangan

- Sensor **DHT11** sebaiknya digunakan **dengan kalibrasi awal** untuk meminimalkan deviasi hasil pengukuran.
- Untuk aplikasi penelitian atau industri, penggunaan sensor ini bisa dipadukan dengan sistem **kompensasi software** atau **sensor redundan** untuk meningkatkan reliabilitas data.
- Penelitian lebih lanjut dapat membandingkan **DHT11** dengan sensor lain dalam kondisi lingkungan yang lebih variatif, seperti **kelembaban tinggi, perubahan suhu cepat, atau ruang terbuka**.

Mahmoud, S., Ahmed, K., & Fathy, H. (2020). Accuracy assessment of low-cost DHT sensors in environmental monitoring applications. *Journal of Environmental Engineering and Science*, 15(4), 112–119.

Nugroho, P. (2021). Importance of environmental control in medical laboratories. *Journal of Health Technology*, 5(2), 99–106.

Putra, R., & Rahmawati, S. (2022). Environmental parameters control in neonatal incubators. *Indonesian Journal of Medical Devices*, 4(1), 22–29.

Widianto, B., & Santoso, J. (2021). Environmental monitoring systems: A review on temperature and humidity control. *Journal of Applied Electronics*, 14(2), 55–63.