

## INOVASI ALAT PAKAN OTOMATIS BERBASIS IOT UNTUK MONITORING DENGAN METODE EVALUASI AKURASI RMSE

Alberta Yudea Hani Santoso<sup>1</sup>, Ma'un Budiyo<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup>Teknologi Rekayasa Elektro DTEDI, Sekolah Vokasi UGM

Corresponding Author: m.budiyo@ugm.ac.id<sup>1</sup>

*Submitted January 26, 2025; Revised April 3, 2026; Accepted April 5, 2026*

### Abstrak

Pengembangan alat pakan ayam otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) mendukung efisiensi dan produktivitas bagi para peternak ayam. Sistem tersebut dirancang dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang diintegrasikan dengan menggunakan sensor DHT22 untuk mendeteksi suhu dan kelembapan, serta dikendalikan melalui aplikasi Telegram dan website untuk memantau data dan informasi secara real-time. Metode yang digunakan merupakan metode eksperimen lapangan dengan mengamati kinerja alat dalam kondisi otomatis maupun manual serta membandingkan hasil pembacaan sensor dengan thermohygrometer untuk menghitung galat (error) sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pada alat ini mampu bekerja dalam memantau suhu, kelembapan, dan pengaturan waktu pemberian pakan, yaitu dengan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) suhu sebesar 1.09°C dan kelembapan sebesar 2.27% RH, sedangkan keandalan sistem dianalisis menggunakan *Standard Deviation* (SD) dengan nilai SD suhu sebesar 1.61°C dan nilai kelembapan sebesar 4.31% RH. Dimana, standar toleransi akurasi berdasarkan datasheet dari sensor DHT22 adalah  $\pm 0.5^\circ\text{C}$  untuk suhu dan 2-5% RH untuk kelembapan. Sistem otomasi ini berhasil menjalankan fungsi monitoring secara real-time, pengendalian otomatis dan manual, serta memberikan notifikasi melalui Platform Telegram dengan rata-rata delay 2.5 detik. Penelitian ini membuktikan penerapan IoT pada sektor peternakan dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas manajemen pakan ayam secara digital.

**Kata Kunci :** IoT, Alat Pakan Otomatis, Telegram, Website, Monitoring

### Abstract

*The development of IoT based automatic chicken feeding device supports efficiency and productivity for poultry farmers. This system is designed using an ESP32 micro-controller integrated with a DHT22 sensor to detect temperature and humidity. It is controlled via a Telegram application and a website, enabling real-time monitoring of data and system status. The research employed a field experimental method by observing the performance of the device in both automatic and manual modes. Additionally, sensor readings were compared with a thermohygrometer to calculate the system's measurement error. The results show that the system effectively monitors temperature, humidity, and feeding schedules, with a Root Mean Square Error (RMSE) of 1.09°C for temperature and 2.27% RH for humidity. The reliability of the system was analyzed using Standard Deviation (SD), resulting in a temperature SD of 1.61°C and a humidity SD of 4.31% RH. According to the DHT22 data sheet, the tolerance range for accuracy is  $\pm 0.5^\circ\text{C}$  for temperature and 2–5% RH for humidity. This automation system successfully performs real-time monitoring, supports both automatic and manual control, and sends notifications via the Telegram platform, with an average response delay of 2.5 seconds. The study demonstrates that the implementation of IoT in the poultry farming sector can significantly improve the efficiency and effectiveness of digital feed management systems.*

**Keywords :** IoT, Automatic Feeder, Telegram, Website, Monitoring

## 1. PENDAHULUAN

Sektor peternakan di Indonesia menghadapi tekanan besar untuk meningkatkan kapasitas produksi. Data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2023 menunjukkan bahwa rata-rata konsumsi daging sapi per kapita seminggu mencapai 0,10 kg, sedangkan konsumsi daging ayam ras lebih tinggi, yakni 0,158 kg [1]. Angka tersebut mengindikasikan bahwa tingginya permintaan daging ayam menuntut peningkatan produksi yang substansial guna menjamin ketersediaan pasokan di pasar domestik.

Upaya memenuhi kebutuhan pasar daging ayam menghadapi tantangan pada manajemen pemberian pakan manual oleh peternak tradisional. Praktik manual ini rentan terhadap kesalahan manusia, seperti ketidakteraturan jadwal dan ketidaktepatan takaran, yang berpotensi menghambat pertumbuhan serta menurunkan produktivitas ternak. Sebagai solusi, teknologi *Internet of Things* (IoT) menawarkan otomatisasi sistem pakan yang presisi dan konsisten, serta memungkinkan pengumpulan data secara real-time untuk meningkatkan efisiensi operasional [2].

Mikrokontroler ESP32 dapat diimplementasikan sebagai unit pemrosesan pusat dalam arsitektur sistem IoT ini. Dengan integrasi konektivitas Wi-Fi dan daya komputasi yang memadai, ESP32 memungkinkan perangkat terhubung secara nirkabel ke internet untuk berinteraksi dengan komponen eksternal [3]. Kapabilitas tersebut memfasilitasi pengumpulan data sensor, transmisi informasi ke platform digital, serta penyediaan fungsi kendali jarak jauh bagi pengguna.

Otomatisasi sistem pakan ayam telah berhasil diterapkan dengan memanfaatkan aplikasi Telegram sebagai antarmuka pemantauan data dari perangkat keras [4]

[5]. Efisiensi transmisi data dari sensor ke platform digital pada sistem tersebut menunjukkan rerata waktu tunda (*delay*) sebesar 17,40 detik [6]. Selain itu, teknologi IoT juga telah digunakan untuk mentransmisikan parameter lingkungan kandang ke berbagai platform seperti Telegram dan Blynk [7]. Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut belum berfokus pada integrasi kontrol jarak jauh yang komprehensif, khususnya dalam pengendalian alat pakan secara fleksibel dan presisi. Kesenjangan (*gap*) inilah yang menjadi kontribusi utama dalam penelitian ini, yaitu mengembangkan sistem yang tidak hanya berfungsi sebagai pemantau, tetapi juga menyediakan fitur kendali penuh secara *real-time*.

Otomatisasi sistem pakan ayam di peternakan dapat direalisasikan dan telah berhasil diterapkan, dengan menggunakan aplikasi sebagai media untuk menampilkan hasil monitoring data yang dihasilkan oleh perangkat [7] [8]. Efisiensi pengiriman data dari sensor ke platform digital telah dibuktikan dengan pencapaian waktu tunda sebesar 17,40 detik [9]. Sistem pemantauan lingkungan kandang ayam memanfaatkan teknologi IoT untuk mentransmisikan data ke platform digital seperti Telegram dan aplikasi Blynk [10] [11]. Namun, pada penelitian sebelumnya, integrasi pengoperasian jarak jauh yang komprehensif, khususnya dalam konteks pengendalian alat pakan secara fleksibel dan presisi, belum menjadi fokus utama. Gap inilah yang menjadi motivasi dan kontribusi signifikan dari penelitian ini, yaitu untuk mengisi kekosongan tersebut dengan mengembangkan sistem yang tidak hanya memonitor tetapi juga memungkinkan kontrol penuh dari jarak jauh.

Guna memastikan keakuratan dan keandalan data sensor, metode *Root Mean Square Error* (RMSE) diterapkan untuk

mengevaluasi sekaligus memperbaiki kesalahan pengukuran pada sistem [12]. Pengujian dilakukan dengan membandingkan parameter sensor DHT22 terhadap alat ukur terkalibrasi untuk menilai tingkat akurasi dan presisi pada sistem monitoring pakan otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT). Penerapan metode ini bertujuan untuk meminimalisasi deviasi serta memastikan data suhu dan kelembapan yang diperoleh memiliki tingkat kesalahan minimal. Dengan demikian, informasi yang disajikan kepada peternak bersifat representatif dan dapat diandalkan sebagai dasar pengambilan keputusan yang tepat dalam manajemen pakan serta lingkungan kandang. Data rata-rata nilai akurasi sistem berdasarkan perhitungan selisih antara sensor dengan alat ukur referensi sebesar  $0,95^{\circ}\text{C}$  untuk suhu dan  $2,66\%$  RH untuk kelembapan.

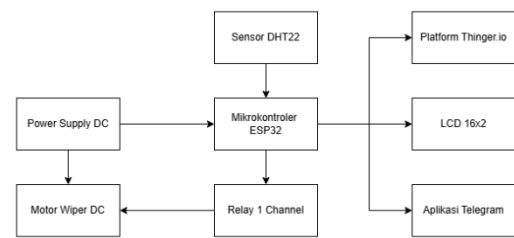
## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Desain Sistem

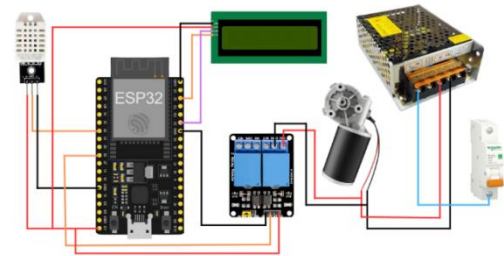
Perangkat keras utama yang digunakan adalah mikrokontroler ESP32 sebagai unit pemrosesan dan komunikasi Wi-Fi. Sensor DHT22 berfungsi mengukur suhu dan kelembapan kandang, sedangkan relay 1 channel, motor wiper DC 12V, dan LCD 16×2 masing-masing berperan sebagai saklar digital, aktuator pendorong pakan, dan penampil lokal. Sistem terhubung dengan dua platform digital, yaitu:

- Thinger.io: digunakan untuk monitoring *real-time*, visualisasi data suhu, kelembapan, dan status motor [13].
- Bot Telegram: digunakan sebagai kontrol jarak jauh secara manual, memungkinkan pengguna menghidupkan/mematikan motor dan meminta data suhu & kelembapan [14].

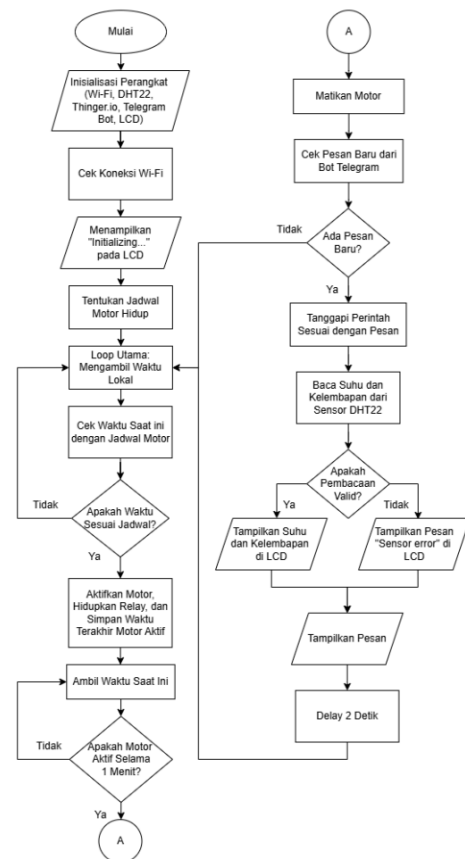
Blok diagram sistem, rangkaian perangkat, dan diagram alir program ditunjukkan pada gambar 1, 2, dan 3.



Gambar 1. Blok Diagram Alat Pakan Otomatis



Gambar 2. Perancangan Perangkat Keras Alat Pakan Otomatis



Gambar 3. Diagram Alir Program

### 2.2 Metode Pengambilan Data

Pengumpulan data oleh sensor DHT22 dan sistem ESP32, dengan parameter yaitu: a)

Suhu lingkungan ( $^{\circ}\text{C}$ ); b) Kelembapan relatif (%RH); c) Status ON/OFF motor wiper; d) Waktu operasional motor.

Data dikirim dan disimpan ke Thinger.io melalui protokol MQTT. Selain itu, perintah dan data juga dapat diakses melalui Bot Telegram secara manual oleh pengguna. Pada bagian validasi sensor, dilakukan pengukuran pembandingan menggunakan alat *thermohygrometer* digital HTC-1 sebagai referensi standar. Data sensor dan data referensi dibandingkan dalam waktu yang bersamaan untuk mengevaluasi akurasi sistem.

### 2.3 Metode Pengolahan dan Analisis Data

Data yang diperoleh dari pembacaan sensor dan sistem referensi diolah dengan membandingkan nilai pembacaan pada waktu yang sama. Jika terdapat gangguan koneksi atau kehilangan data dari sensor, maka penyesuaian dilakukan dengan mencocokkan waktu terdekat pada data referensi. Hasil pengolahan data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk menunjukkan pola pengukuran serta mengidentifikasi ketidaksesuaian.

### 2.4 Evaluasi Akurasi dan Keandalan Sensor

Pengukuran tingkat akurasi dan keandalan sensor DHT22, digunakan dua metode statistik:

- RMSE digunakan untuk menghitung rata-rata selisih kuadrat antara pembacaan sensor dan nilai dari alat referensi [15]. Semakin kecil nilai RMSE, semakin tinggi akurasi sensor.

$$\text{Nilai RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (1)$$

- SD digunakan untuk menilai konsistensi atau keandalan pengukuran sensor selama periode tertentu [16].

$$\text{Nilai SD} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

Nilai SD yang rendah menunjukkan hasil pengukuran yang stabil. Metode evaluasi ini dipilih karena mampu memberikan penilaian kuantitatif terhadap performa sensor suhu dan kelembapan yang digunakan dalam sistem [17].

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Sistem Monitoring dan Kontrol

Sistem monitoring berbasis IoT pada alat pakan otomatis dipantau secara *real-time* melalui platform Thinger.io. Data suhu dan kelembapan dari sensor diproses oleh mikrokontroler ESP32 dan dikirim ke server menggunakan protokol MQTT, kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik. Sistem kontrol jarak jauh melalui bot Telegram dan dashboard Thinger.io dengan mengaktifkan atau menonaktifkan motor. Telegram menggunakan protokol HTTP melalui API Bot, sedangkan Thinger.io menggunakan MQTT [18] [19]. Tampilan dashboard monitoring ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan Dashboard Pada Sistem Monitoring Alat Pakan Otomatis

Gambar 4 menampilkan antarmuka *dashboard* Thinger.io yang menampilkan parameter dari sistem (suhu dan kelembapan) dari sensor DHT22 serta status ON/OFF dari motor. *Dashboard* ini berfungsi sebagai media *monitoring* jarak jauh untuk memudahkan pengguna dalam mengamati performa alat secara langsung.

### 3.1 Hasil Pengujian Operasional Motor

Pengujian sampling otomatisasi motor dilakukan dengan mencatat waktu aktual

terjadwal dan delay yang ditampilkan pada tabel 1.

**Tabel 1. Data Operasional Motor Otomatis**

No	Waktu	Waktu Motor ON	Delay (detik)
1	12.00.00	12.00.03	3
2	18.00.00	18.00.05	5
3	12.00.00	12.00.07	7
4	18.00.00	18.00.05	5
5	12.00.00	12.00.01	1
6	18.00.00	18.00.01	1

Adanya beberapa *delay* dengan nilai tertinggi sebesar 7 detik, dengan nilai rata-rata *delay* saat motor on sebesar 3.67 detik. Rata-rata *delay* sebesar 3,67 detik pada sistem ini secara signifikan lebih rendah dibandingkan dengan hasil penelitian [20] yang mencatatkan waktu tunda sebesar 17,40 detik. Penurunan *delay* ini menunjukkan bahwa optimasi kode pada ESP32 dan pemilihan platform komunikasi yang tepat dapat meningkatkan responsivitas sistem dalam pengiriman data dari sensor ke platform digital.

*Delay* terjadi disebabkan oleh motor *wiper* membutuhkan arus awal yang tinggi (*motor starter*) sehingga membutuhkan waktu untuk mencapai kecepatan kerja yang stabil. Selain itu, sistem mikrokontroler ESP32 membaca perintah secara berurutan, sehingga menyebabkan *delay* pada saat menyalakan motor di waktu yang sudah ditentukan. Data yang ditampilkan pada Tabel 1 merupakan sampel dari keseluruhan data pengukuran, yang dipilih untuk mewakili tren dan hasil utama dari pengujian yang dilakukan.

### 3.2 Hasil Pengukuran Sensor DHT22

Validasi kinerja sensor dilakukan dengan membandingkan parameter suhu dan kelembapan terhadap alat ukur referensi (Hygrometer). Hasil pengujian yang merepresentasikan variasi kondisi lingkungan dan stabilitas jaringan disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Hasil Pengukuran Sensor Suhu dan Kelembaban**

No	Time	Sensor Suhu °C	Hygrometer °C	Δ °C	Sensor Kelembapan % RH	Hygrometer % RH	Δ % RH
1	8.00.00	31.9	30.3	1.6	75.7	80	4.3
2	08.20.00	31.4	30.2	1.2	76.8	78	1.2
3	12.30.00	31.5	30.4	1.1	69.7	60	9.7
4	17.00.00	32.5	30.9	1.6	68.4	71	2.6
5	17.35.00	28.1	28.6	0.5	63.4	59	4.4
6	17.50.00	31.5	31.8	0.3	74.6	70	4.6

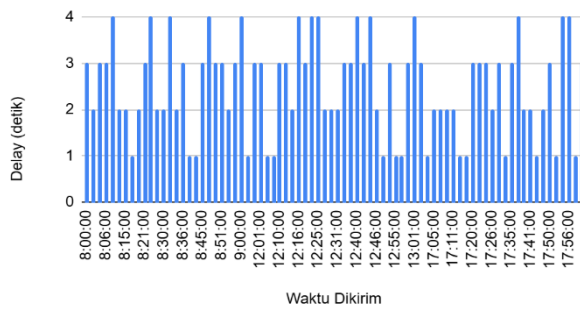
Berdasarkan datasheet, sensor DHT22 memiliki akurasi suhu 0,5°C dan kelembapan 2–5% RH. Namun, hasil pengujian menunjukkan rata-rata selisih (*mean error*) suhu sebesar 1,05°C dan kelembapan sebesar 4,47% RH. Variasi selisih ini dipengaruhi oleh waktu respons sensor, posisi penempatan, serta fluktuasi kondisi cuaca. Meskipun terdapat deviasi, hasil pengukuran tetap berada dalam batas toleransi yang dapat diterima untuk implementasi pada sistem monitoring lingkungan peternakan.

Berdasarkan Tabel 2, hasil pengujian menunjukkan rata-rata selisih suhu sebesar 0,95°C, yang sedikit lebih besar dibandingkan batas *datasheet* (0,5°C), namun tetap berada dalam rentang toleransi aplikasi peternakan. Jika dibandingkan dengan penelitian [21], yang mencatatkan deviasi suhu sebesar 1,2°C pada kondisi lingkungan terbuka, sistem ini memiliki akurasi yang lebih baik sebesar 20,8%. Hal ini diduga karena penempatan sensor yang lebih terlindungi atau penggunaan algoritma pembacaan data yang lebih stabil pada ESP32.

### 3.3 Evaluasi Performa Thinger.io dan Telegram

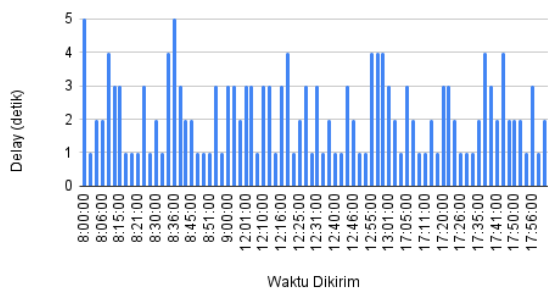
Evaluasi performa dilakukan dengan menguji kecepatan respons dari dua platform yang digunakan, yaitu Thinger.io dan Telegram. Tujuan pengujian ini adalah mengetahui efisiensi dan kecepatan masing-masing platform dalam menerima serta mengeksekusi perintah dari pengguna. Pengujian difokuskan pada

waktu tunda (*delay*) antara pengiriman perintah dan respons yang diterima oleh perangkat. Data dikumpulkan secara berulang pada berbagai kondisi jaringan guna memperoleh hasil yang representatif. Hasil pengujian kecepatan respons pada Platform Telegram ditunjukkan pada Gambar 5.



**Gambar 5. Kecepatan Respons Kontrol Manual pada Platform Telegram**

Gambar 5 menunjukkan rata-rata waktu respons kontrol manual melalui platform Telegram sebesar 2,4 detik, dan respons kontrol yang stabil, tanpa lonjakan ekstrem, dengan *delay* berkisar antara 1 hingga 4 detik, dengan kecepatan internet yang digunakan sebesar 28 Mbps. Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu pada kecepatan 37,3 Mbps, waktu respons lebih besar namun masih dalam batas wajar. Gambar 6 menunjukkan kecepatan respons kontrol pada Platform Thinger.io.



**Gambar 6. Kecepatan Respons Kontrol pada Platform Thinger.io**

Berdasarkan gambar 6 rata-rata waktu respons Thinger.io sebesar 2,2 detik, lebih cepat dibandingkan Telegram. Namun, adanya lonjakan hingga 5 detik, yang

menandakan performa yang kurang stabil. Kekurang stabilan ini disebabkan oleh penurunan kecepatan sistem telekomunikasi/internet. Di samping itu, protokol HTTP yang digunakan Thinger.io relatif lebih lambat dibanding MQTT, serta lebih sensitif terhadap ketidakstabilan jaringan, yang berdampak pada waktu respons sistem.

Hasil pengujian menunjukkan, kedua platform mempunyai waktu respons yang masih tergolong cepat dan dapat diandalkan dalam menjalankan perintah. Perbedaan protokol komunikasi yang digunakan, yakni MQTT pada Telegram dan HTTP pada Thinger.io, berpengaruh terhadap stabilitas dan kecepatan respons sistem [10] Meskipun Thinger.io memiliki waktu tunda yang sedikit lebih besar dan kurang stabil, tidak ditemukan kasus kehilangan perintah selama pengujian. Dengan demikian, sistem kontrol alat pakan otomatis dapat berfungsi dengan baik pada kedua platform dalam kondisi jaringan yang bervariasi.

### 3.4 Analisis Kesalahan Pengukuran Sensor (RMSE)

Analisis kesalahan pengukuran sensor dilakukan guna mengevaluasi tingkat akurasi sensor DHT22 dalam mendeteksi suhu dan kelembapan lingkungan kandang. Metode yang digunakan adalah perhitungan RMSE, yang merepresentasikan performa sensor terhadap nilai referensi dalam kondisi *error* yang mengikuti distribusi normal. Dalam penelitian ini, RMSE digunakan untuk membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur referensi guna mengetahui sejauh mana sensor bekerja secara akurat. Setelah mengetahui jumlah kuadrat selisih suhu, yaitu sebesar 35.9°C, maka perhitungan RMSE dapat dihitung menggunakan persamaan (1), didapatkan

$$\text{nilai RMSE Suhu} = \sqrt{\frac{1}{30}(35.9)} = 1.09^{\circ}\text{C}$$

Nilai RMSE suhu sebesar 1.09°C jika dibandingkan dengan pembacaan pada alat

ukur referensi. Sedangkan nilai RMSE dari masing-masing pengujian suhu jika dibandingkan dengan nilai RMSE rata-rata suhu ditunjukkan pada Gambar 7.



**Gambar 7. Perbandingan RMSE Suhu Terhadap Nilai Rata-ratanya**

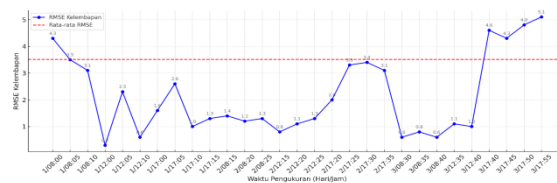
Gambar 7 menunjukkan waktu pengukuran ditampilkan dalam format singkat 'X/HH:MM', dengan X sebagai urutan hari (1 = Senin, 2 = Selasa, 3 = Rabu), dan HH:MM sebagai waktu jam dan menit. Nilai RMSE suhu yang diukur oleh sensor menunjukkan fluktuasi pada setiap waktu pengujian. Garis kuning merepresentasikan nilai RMSE suhu, sedangkan garis merah menunjukkan rata-rata nilai RMSE sebesar 1,09°C. Nilai RMSE di bawah rata-rata tampak pada hari Selasa pukul 12.00–17.00 dan Rabu pukul 17.00–17.55, menandakan tingkat kesalahan pengukuran yang rendah. Sebaliknya, nilai RMSE tertinggi, mendekati 2°C, terjadi pada hari Senin pukul 12.00–17.10 dan Rabu pukul 12.30–12.40, yang mengindikasikan adanya penyimpangan antara hasil sensor dan alat ukur referensi.

Perhitungan RMSE kelembapan, jumlah kuadrat selisih kelembapan sebesar 370,35% RH dihitung terlebih dahulu, kemudian digunakan untuk menentukan nilai RMSE sesuai Persamaan (1).

$$RMSE \text{ Kelembapan} = \sqrt{\frac{1}{30}(370.35)} = 3.51\%RH$$

Nilai RMSE kelembapan sebesar 3.51% RH jika dibandingkan dengan pembacaan pada alat ukur referensi. Sedangkan untuk perhitungan kesalahan pengukuran sensor

terhadap kelembapan dapat dilihat pada Gambar 8.



**Gambar 8. Perbandingan RMSE Kelembapan Terhadap Nilai Rata-ratanya**

Gambar 8 menunjukkan RMSE kelembapan masih dalam toleransi sensor DHT22, sedangkan RMSE suhu sebesar 1,09°C melebihi akurasi ideal, yang dipengaruhi keterbatasan alat referensi dan kondisi lingkungan.

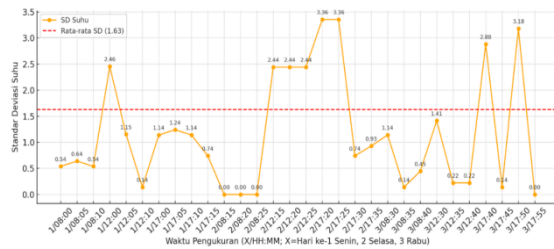
Meski demikian, jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, nilai RMSE dalam penelitian ini masih tergolong dapat diterima, khususnya untuk pengukuran kelembapan, meskipun akurasi suhu masih perlu ditingkatkan agar lebih mendukung sistem *monitoring* alat pakan otomatis secara optimal.

### 3.5 Analisis Keandalan Sensor

Analisis keandalan sensor diperlukan untuk memastikan sistem alat pakan otomatis beroperasi secara stabil dan andal. Dalam penelitian ini, keandalan sensor DHT22 yang mendeteksi suhu dan kelembapan dianalisis menggunakan metode SD. Metode ini digunakan untuk mengukur konsistensi data, di mana nilai SD yang lebih kecil menunjukkan bahwa data cenderung mendekati nilai rata-rata dan dianggap lebih akurat. Pengukuran dilakukan secara berulang dalam periode waktu tertentu untuk menilai tingkat penyebaran nilai suhu dan kelembapan berdasarkan rata-ratanya. Dalam perhitungan SD, terlebih dahulu dihitung jumlah kuadrat selisih suhu sebesar 77,89°C, yang selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai SD suhu berdasarkan Persamaan (2).

$$SD \text{ Suhu} = \sqrt{\frac{1}{30-1}(77.89)} = 1.63^\circ C$$

Nilai rata-rata SD suhu adalah sebesar 1.63°C. Sedangkan nilai SD dari masing-masing pengujian suhu jika dibandingkan dengan nilai SD rata-rata suhu ditunjukkan pada Gambar 9.

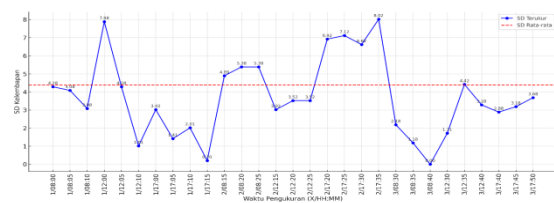


**Gambar 9. Perbandingan SD Suhu Terhadap Rata-ratanya**

Berdasarkan Gambar 9, adanya fluktuasi SD suhu jika dibandingkan terhadap nilai rata-rata. Nilai SD di atas 3°C menandakan ketidakstabilan pengukuran akibat faktor lingkungan atau gangguan jaringan sensor. Dalam perhitungan nilai SD, terlebih dahulu dihitung jumlah kuadrat selisih kelembapan. Pada penelitian ini, nilai tersebut sebesar 557,62% RH, yang selanjutnya digunakan untuk menghitung SD kelembapan berdasarkan persamaan (2). Nilai SD Kelembapan sebesar

$$\sqrt{\frac{1}{30-1} (557.62)} = 4.38\%RH$$

Nilai SD kelembapan menunjukkan rata-rata penyebaran data sensor sebesar 4,38% RH, sedangkan perbandingan SD tiap pengujian terhadap nilai rata-rata ditampilkan pada Gambar 10.



**Gambar 10. Perbandingan SD Kelembapan Terhadap Rata-ratanya**

Nilai lonjakan tertinggi terjadi hingga 8% RH, yang mengindikasikan ketidakstabilan pengukuran akibat faktor lingkungan atau gangguan jaringan.

#### 4. SIMPULAN

Hasil pengujian menunjukkan sistem memiliki waktu respons cepat, yaitu rata-rata 2,2 detik melalui Telegram dan 2,5 detik melalui Thinger.io, yang menandakan komunikasi data berjalan lancar dan responsif. Akurasi sensor juga tergolong baik dengan nilai RMSE suhu 1,09°C dan kelembapan 2,27% RH. Nilai SD menunjukkan kestabilan sensor yang cukup memadai untuk aplikasi lapangan peternakan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik (BPS), *Rata-rata konsumsi per kapita seminggu beberapa macam bahan makanan penting, 2007-2023, 2024*, <https://www.bps.go.id/id/statistics-table>
- [2] N. M. S. Kumar, K. R. Prasad, and S. Nagaraju, "A Smart Poultry Farm Monitoring System based on IOT and Wireless Sensor Networks," *Int. J. Sci. Res. Sci. Technol.*, vol. 8, no. 3, pp. 567–573, 2021.
- [3] A. Maier, A. Sharp, and Y. Vagapov, "ESP32: A State of the Art SoC for Internet of Things," in *Proc. IEEE Int. Conf. Internet of Things (iThings)*, 2017, pp. 1–6.
- [4] Espressif Systems, "ESP32 Series Datasheet," Espressif Systems, Shanghai, 2023. [Online].
- [5] M. R. W. Kusuma, E. Apriaskar, and D. Djunaidi, "Rancang bangun sistem pembersih otomatis pada solar panel menggunakan wiper berbasis mikrokontroler," *Techn'e: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, vol. 19, no. 1, pp. 23–32, 2020.
- [6] T. O. Hodson, "Root Mean Square Error (rmse) or mean absolute error (mae): When to use them or not," *Geoscientific Model Development Discussions*, vol. 2022, pp. 1–10, 2022.

- [7] M. F. Wicaksono, "Implementasi Modul WiFi ESP8266 untuk Smart Poultry Farm Berbasis Cloud Thinger.io dan Telegram Bot," *J. Komput. dan Inform.*, vol. 5, no. 2, pp. 85–91, 2017.
- [8] H. Adrianto, "Analisis Delay dan Paket Loss pada Pengiriman Data Sensor Berbasis Protokol HTTP dan MQTT," *J. Teknol. Inf. dan Terapan*, vol. 7, no. 1, pp. 35–40, 2020.
- [9] A. S. Sodik, I. D. Sasmita, and M. Faisal, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Lingkungan Kandang Ayam Broiler Berbasis Internet of Things (IoT)," *J. Teknol. Terap.*, vol. 7, no. 2, pp. 142–148, 2021.
- [10] D. R. Tisna, T. Maharani, and K. T. Nugroho, "Pemanfaatan chatbot telegram untuk monitoring dan kontrol kualitas air menggunakan esp32," *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, vol. 9, no. 3, pp. 1292–1306, 2024.
- [11] M. Susantok, A. U. A. Wibowo, M. Akbar et al., "Peningkatan akurasi sistem pemantauan suhu dan kelembapan pada laboratorium pengujian benih tanaman menggunakan inversi regresi linier," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 12, no. 1, pp. 153–164, 2025.
- [12] T. Chai and R. R. Draxler, "Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE) – Arguments against avoiding RMSE in the literature," *Geosci. Model Dev.*, vol. 7, no. 3, pp. 1247–1250, 2014.
- [13] Thinger.io, "Thinger.io Documentation: Internet of Things Platform," Thinger.io, 2024.
- [14] N. S. Prasetyo and M. F. Wicaksono, "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kendali Jarak Jauh Berbasis IoT Menggunakan Telegram Bot," *J. Komput. dan Inform.*, vol. 8, no. 1, pp. 45–52, 2020.
- [15] P. Castaneda-Miranda and V. M. Castaño, "Statistical Analysis and Characterization of Smart Sensors for Environmental Monitoring," *IEEE Sensors J.*, vol. 18, no. 2, pp. 540–548, 2018.
- [16] O. Postolache, J. M. D. Pereira, and P. S. Girão, "Metrology and Quality of Service in IoT-Based Environmental Monitoring Systems," *IEEE Instrum. Meas. Mag.*, vol. 22, no. 1, pp. 10–17, 2019.
- [17] M. S. Sadi, M. S. Hossain, and M. S. Islam, "Performance Evaluation of Low-Cost IoT-Based Environmental Monitoring Systems," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 45231–45245, 2022.
- [18] R. K. Kodali and S. Soratkal, "Performance Analysis of HTTP and MQTT Protocols in Internet of Things (IoT) Applications," *Int. Conf. I-SMAC (IoT Soc. Mobile, Anal. Cloud)*, 2016, pp. 447–451.
- [19] R. P. Pratama, "Rancang Bangun Sistem Kontrol dan Monitoring Jarak Jauh Berbasis IoT Menggunakan Bot Telegram," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 9, no. 2, pp. 123–130, 2020.
- [20] A. H. Saptadi, "Analisis Akurasi Sistem Sensor Suhu dan Kelembapan Berbasis DHT22 Menggunakan Metode Root Mean Square Error," *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, vol. 2, no. 2, pp. 167–173, 2014.
- [21] H. Supriyono, F. Suryawan, R. M. A. Bastomi, and U. Bimantoro, "Sistem monitoring suhu dan gas amonia untuk kandang ayam skala kecil," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 9, no. 3, p. 562, 2021.
- [22] C. Andrade, "Understanding the difference between Standard Deviation and standard error of the mean, and knowing when to use which," *Indian Journal of*

*Psychological Medicine*, vol. 42, no. 4, pp. 409–410, 2020.  
[23] A. H. Saptadi, “Perbandingan akurasi

pengukuran suhu dan kelembaban antara sensor dht11 dan dht22,” *Jurnal infotel*, vol. 6, no. 2, pp. 49–56, 2014.