

# DESAIN DAN REALISASI ALAT PENETAS TELUR BURUNG PUYUH MENGGUNAKAN SENSOR SUHU DHT11 DAN *INTERNET OF THINGS* BERBASIS KALMAN FILTER

Tiara Anggraini, Muhammad Daud\*, Salahuddin, Raihan Putri dan Teuku Multazam

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, Indonesia

\*E-mail: mdaud@unimal.ac.id

## Abstrak

Burung puyuh (*Coturnix japonica*) merupakan salah satu unggas dengan nilai ekonomi tinggi yang banyak dibudidayakan untuk diambil telurnya. Penetasan telur burung puyuh secara konvensional kerap mengalami kendala seperti fluktuasi suhu dan kelembaban yang tidak stabil, yang berdampak pada rendahnya tingkat keberhasilan penetasan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat penetas telur burung puyuh berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dilengkapi sensor DHT11 dan metode Kalman Filter untuk meningkatkan akurasi pengukuran suhu dan kelembaban secara real-time. Alat penetas telur ini dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 untuk mengontrol komponen-komponen seperti motor rotasi telur, kipas DC, serta mengirim data ke aplikasi Blynk untuk pemantauan dan pengendalian jarak jauh. Sensor DHT11 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban dan diterapkannya algoritma Kalman Filter untuk menyaring data dan meningkatkan keandalan pengukuran. Pengujian dilakukan pada dua minggu dengan setpoint suhu minggu pertama 37<sup>0</sup> C dan minggu kedua 39<sup>0</sup> C dengan jumlah sampel telur burung puyuh 65 butir. Hasil pengujian diperoleh bahwa alat penetas telur ini dapat bekerja dengan baik dan akurat. Kalman Filter berhasil menurunkan rata-rata kesalahan pengukuran suhu dari 4,89% menjadi 0,11% dan kesalahan pengukuran kelembaban dari 0,89% menjadi 0,76%. Kalman Filter terbukti mampu menyesuaikan nilai prediksi berdasarkan pembacaan sebelumnya serta menyaring noise dari data yang tidak wajar. Hasil keseluruhan menunjukkan bahwa sistem penetasan berbasis Kalman Filter dan IoT ini mampu meningkatkan kestabilan kondisi lingkungan penetasan serta meningkatkan efisiensi dan keberhasilan penetasan telur burung puyuh secara signifikan.

*Kata kunci: Penetas telur burung puyuh, sensor DHT11, Kalman filter, internet of things (IoT), ESP32, pemantauan suhu*

## Abstract

*Quail (Coturnix japonica) is one of the poultry with high economic value that is widely cultivated for its eggs. Conventional quail egg hatching often experiences obstacles such as unstable temperature and humidity fluctuations, which have an impact on the low hatching success rate. This study aims to design and build a quail egg incubator based on the Internet of Things (IoT) equipped with a DHT11 sensor and the Kalman Filter method to improve the accuracy of temperature and humidity measurements in real time. This egg incubator is designed using an ESP32 microcontroller to control components such as the egg rotation motor, DC fan, and to send data to the Blynk application for remote monitoring and control. The DHT11 sensor is used to measure temperature and humidity, and the Kalman Filter algorithm is applied to filter the data and enhance measurement reliability. The testing was conducted over two weeks, with a temperature setpoint of 37°C in the first week and 39°C in the second week, using 65 quail eggs as samples. The test results showed that the incubator functioned well and accurately. The Kalman Filter successfully reduced the average temperature measurement error from 4.89% to 0.11%, and the humidity measurement error from 0.89% to 0.76%. The Kalman Filter proved effective in adjusting predicted values based on previous readings and filtering out noise from abnormal data. Overall, the results indicate that this IoT and Kalman Filter-based incubation system can significantly improve the stability of the incubation environment as well as increase the efficiency and success rate of quail egg hatching.*

*Keywords: Quail egg incubator, DHT11 sensor, Kalman filter, internet of things (IoT), ESP32, temperature monitoring*

## 1. Pendahuluan

Burung puyuh (*Coturnix japonica*) merupakan salah satu jenis unggas yang memiliki nilai ekonomi tinggi, terutama di bidang peternakan. Pada umumnya penetasan telur

dilakukan secara konvensional yang tidak dapat menjamin kondisi suhu dan kelembaban yang stabil, sehingga menyebabkan rendahnya tingkat keberhasilan penetasan [1]. Selain kedua faktor tersebut, kadar oksigen di dalam inkubator yang dipengaruhi oleh sistem ventilasi juga

berperan penting. Ventilasi yang baik memungkinkan pertukaran udara berjalan lancar, sehingga suplai oksigen tetap tersedia dan kelebihan karbon dioksida dapat dibuang. Kekurangan oksigen terbukti dapat menghambat pertumbuhan embrio dan menurunkan daya tetas meskipun suhu dan kelembapan terjaga dengan baik. Faktor lain yang turut memengaruhi adalah intensitas cahaya, yang umumnya berasal dari lampu buatan [2]. Dalam perkembangan teknologi, pengendalian suhu dan kelembapan dapat diotomatisasi dengan menggunakan sensor dan perangkat elektronik berbasis *Internet of Things* (IoT). Salah satu sensor yang banyak digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan yaitu DHT11. Namun dalam penggunaan sensor ini, sering kali terjadi gangguan atau fluktuasi pada pembacaan sensor, sehingga diperlukan metode penyaringan data yang dapat meningkatkan keakuratan hasil pembacaan [3].

Untuk mengatasi masalah gangguan atau fluktuasi pada pembacaan sensor DHT11, salah satu metode yang dapat diterapkan yaitu penggunaan metode Kalman Filter. Kalman Filter merupakan algoritma penyaringan data yang bekerja dengan memprediksi nilai yang akan datang berdasarkan data sebelumnya dan memperbaiki hasil prediksi dengan data aktual. Dengan menggunakan Kalman Filter, data dari sensor DHT11 dapat diolah dengan lebih akurat, sehingga sistem dapat menyesuaikan suhu dan kelembapan di dalam alat inkubator telur secara lebih stabil dan responsif. Keakuratan pengendalian ini sangat penting karena perubahan kecil pada suhu atau kelembapan bisa mempengaruhi tingkat keberhasilan penetasan [4].

Beberapa penelitian sebelumnya telah melakukan observasi dalam mengembangkan sistem inkubator telur dengan berbagai aspek. Masud et al. 2023 mengembangkan sistem inkubator telur berbasis IoT yang memungkinkan pemantauan suhu dan kelembapan secara real-time melalui aplikasi mobile. Namun, penelitian ini tidak membahas penggunaan algoritma untuk meningkatkan akurasi sensor dalam kondisi yang tidak stabil [5]. Ullah et al. 2019 menguji penggunaan nilai rata-rata pengukuran untuk meningkatkan akurasi pengukuran suhu dan kelembapan dalam sistem inkubator telur yang menggunakan sensor DHT11 [6]. Aldair et al. 2020 mengembangkan sistem inkubator telur berbasis IoT yang memungkinkan pengontrolan suhu dan kelembapan secara otomatis dan dapat dipantau melalui aplikasi berbasis smartphone. Namun, sistem ini belum mengatasi masalah ketidakakuratan sensor pada kondisi lingkungan yang tidak stabil [7]. Cheng. 2024 mengintegrasikan Kalman Filter pada sistem penetasan yang menggunakan sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembapan. Namun, penelitian ini masih terdapat kekurangan pada penentuan setpoint suhu dan kelembapan pada inkubator sehingga sistem otomatis dengan suhu tetap sesuai dengan setpoint awal yang telah ditentukan [8].

Berdasarkan dari beberapa tinjauan, penerapan teknologi IoT dalam sistem inkubator telur telah menunjukkan potensi besar dalam mempermudah pemantauan dan pengendalian lingkungan inkubator. Namun, sebagian besar penelitian sebelumnya masih menghadapi tantangan dalam hal akurasi data sensor, terutama pada kondisi lingkungan yang tidak stabil. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem inkubator telur burung puyuh berbasis IoT dengan penerapan algoritma Kalman Filter untuk meningkatkan akurasi sensor DHT11 dalam memantau suhu dan kelembapan di dalam inkubator. Sistem ini juga memperhatikan pentingnya faktor kadar oksigen dan ventilasi sebagai pendukung keberhasilan penetasan, meskipun pada penelitian ini tidak dilakukan pemantauan secara langsung. Inkubator dilengkapi dengan aplikasi mobile yang memungkinkan pemantauan dan pengendalian jarak jauh secara real-time menggunakan Blynk App.

### 1.1. *Internet of Things*

*Internet of Things* adalah konsep dimana konektivitas internet dapat mengumpulkan, berbagi serta bertukar data antar perangkat yang saling terhubung. IoT dapat menghubungkan berbagai perangkat agar dapat dikendalikan dari mana saja dengan bantuan koneksi internet [9][10]. Perangkat ini dapat berupa sensor yang memantau kondisi lingkungan, aktuator yang mengontrol perangkat lain, atau pengendali pusat yang memproses dan menganalisis data untuk mengambil keputusan secara realtime. Data yang dikumpulkan oleh perangkat IoT dapat diakses melalui aplikasi pada perangkat mobile atau komputer, memberikan fleksibilitas bagi pengguna dalam mengelola sistem yang terhubung [11][12].

### 1.2. ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang memiliki fitur lengkap dan kinerja yang tinggi. Salah satu fitur yang paling menonjol dari ESP32 adalah mudah terhubung dengan internet [13]. Mikrokontroler ESP32 ini juga dapat menerima, memproses dan meneruskan suatu perintah [14]. Fitur ESP32 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. ESP32

### 1.3. Sensor DHT11

DHT11 adalah sensor yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan. Sensor ini banyak digunakan

karena kemudahannya penggunaannya, ukuran yang kecil, dan harga yang terjangkau. Sensor DHT11 dapat mengukur suhu dalam rentang 0°C hingga 50°C dan kelembapan relatif antara 20% hingga 90%. Meskipun akurasi pengukuran suhu DHT11 umumnya terbatas pada  $\pm 2^\circ\text{C}$  dan kelembapan sekitar  $\pm 5\%$ , sensor ini tetap menjadi pilihan untuk aplikasi yang tidak memerlukan akurasi ekstrem [15], seperti yang dapat dilihat pada tampilan Gambar 2.



**Gambar 2. Sensor DHT11**

#### 1.4. Relay

Relay adalah perangkat yang digunakan untuk mengontrol aliran arus listrik dalam suatu rangkaian, sehingga dapat untuk mengaktifkan dan menonaktifkan perangkat lain. Dengan dipakainya relay, mikrokontroler dapat mengontrol perangkat listrik yang berdaya tinggi [16], tampilan relay dapat dilihat pada Gambar 3.

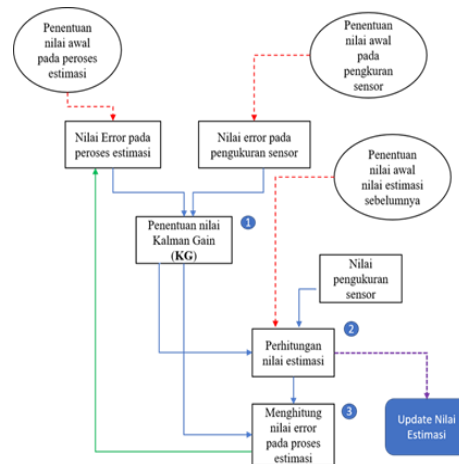


**Gambar 3. Relay**

## 2. Metode

### 2.1. Kalman Filter

Kalman Filter adalah metode pemrosesan sinyal yang dikembangkan untuk menghasilkan estimasi yang optimal dalam sistem yang dipengaruhi oleh ketidakpastian atau gangguan (*noise*) [17]. Pada Kalman Filter terdapat dua tahapan yaitu tahap prediksi dan tahap pembaruan (*update*). Tahap prediksi dilakukan dengan menggunakan perkiraan kondisi dari waktu sebelumnya untuk mendapatkan nilai dugaan pada saat ini. Tahap prediksi memiliki dua perhitungan, yaitu perhitungan pendugaan kondisi dan perhitungan galat kovarians. Sedangkan pada tahap *update*, informasi mengenai pengukuran pada saat ini digunakan untuk memperbaiki prediksi sehingga diharapkan pendugaan keadaan akan lebih akurat [18]. Untuk melihat proses penerapan kalman filter dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4. Diagram alir Kalman filter**

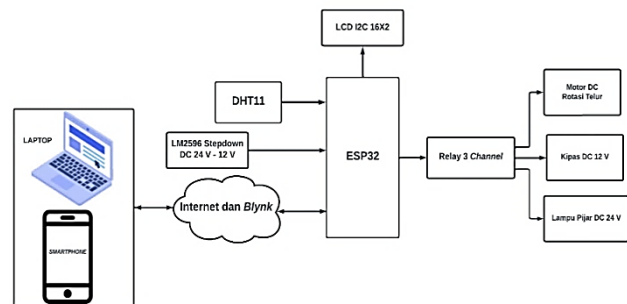
### 2.2. Tahapan Penelitian

Penelitian pada tugas akhir ini dilakukan melalui tahapan- tahapan yang dirancang secara sistematis agar dalam melakukan suatu penelitian dapat tersusun dengan terstruktur. Tahapan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi dan perumusan masalah;
2. Studi literatur;
3. Identifikasi kebutuhan dan spesifikasi alat;
4. Perancangan mekanik, elektronik, dan program aplikasi;
5. Koreksi dan perbaiki (jika diperlukan);
6. Integrasi sistem;
7. Pengujian sistem;
8. Koreksi dan perbaiki (jika diperlukan);
9. Hasil dan pembahasan;
10. Kesimpulan dan saran;
11. Selesai.

### 2.3. Diagram Blok Sistem

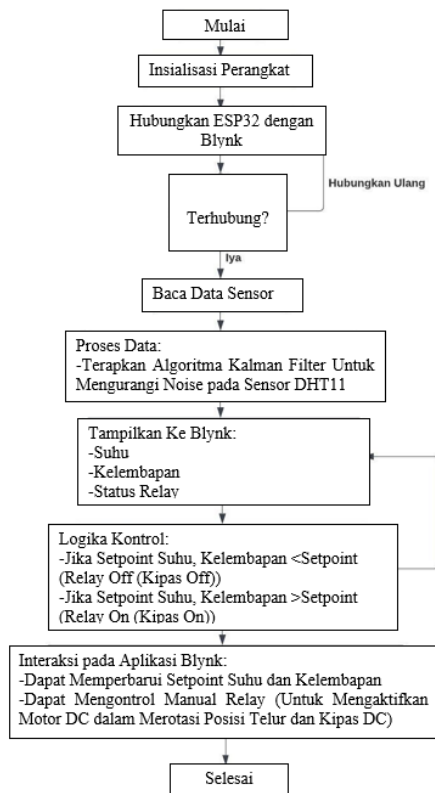
Pada penelitian ini blok diagram sistem merupakan kumpulan dari komponen yang dimuat dalam blok sederhana seperti yang terlihat pada Gambar 5.



**Gambar 5. Diagram blok sistem**

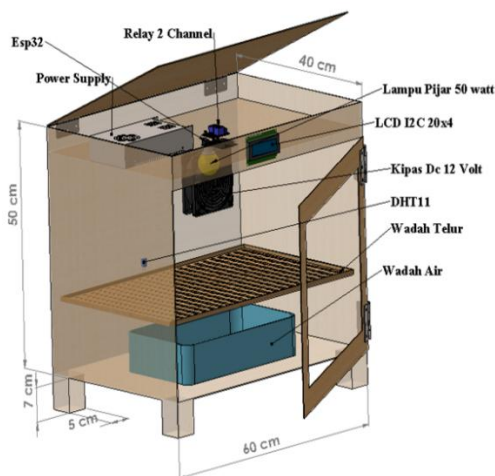
## 2.4. Diagram Alir Sistem

Diagram alir system pada penelitian ini disusun untuk menggambarkan alur pada proses kerja secara terstruktur. Pada diagram ini menjelaskan tahapan tahapan utama mulai dari input yang diterima hingga keluaran yang dihasilkan. Alur tahapan pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir sistem

## 2.5. Perancangan

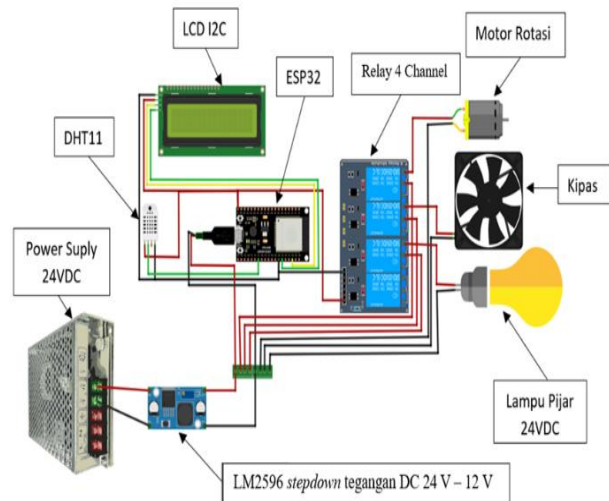


Gambar 7. Desain alat penetas yang direncanakan

Pada perancangan alat inkubator penetas telur berbasis IoT ini, Inkubator penetas telur burung puyuh dirancang untuk menjaga suhu dan kelembaban dalam batas optimal agar mendukung perkembangan embrio di dalam telur. Desain alat ini digunakan software sketchup dan desainnya dapat dilihat pada Gambar 7.

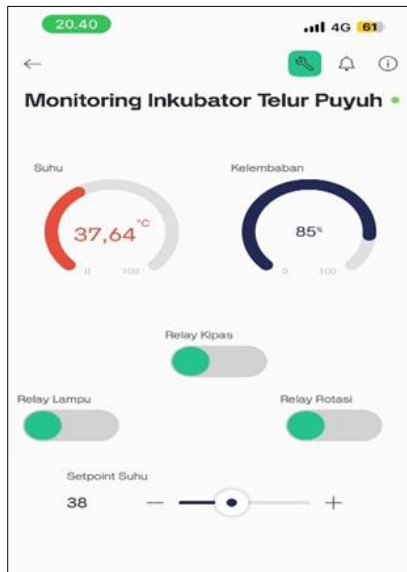
Gambar 7 menunjukkan desain rancangan alat penetas telur burung puyuh menggunakan sensor DHT11 dan IoT berbasis Kalman Filter. Struktur rancangan utama alat ini adalah menggunakan triplek. Dibagian dalamnya terdapat beberapa komponen seperti lampu untuk pemanas, kipas untuk pendingin ketika suhu berada di atas setpoint dan wadah air untuk memberikan kelembapan. Sementara itu terdapat wadah telur untuk rotasi yang digerakkan oleh motor DC.

Pada rancangan ini digunakan mikrokontroler ESP32 setelah itu juga digunakan sensor DHT11 yang berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembaban. Selanjutnya ada relay 3 Channel untuk mengontrol kipas, lampu, dan motor rotasi Sistem ini dilengkapi dengan layar LCD untuk menampilkan informasi secara real-time, seperti suhu, kelembaban, dan status perangkat (lampu pemanas atau kipas menyala).. Digunakan juga LM2596 untuk menurunkan tegangan dari power supply. Rangkaian elektronis dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram skematik rangkaian

Desain antarmuka pada system monitoring ini dilakukan dengan software Blynk yang ditampilkan pada Gambar 9. Antarmuka ini dirancang untuk memudahkan pengguna dalam memantau kondisi inkubator secara langsung tanpa memerlukan perangkat tambahan. Selain itu, karena ESP32 mendukung konektivitas internet, data suhu, kelembaban, dan status perangkat juga dikirimkan ke aplikasi *Blynk* melalui jaringan Wi-Fi. Dengan integrasi IoT ini, pengguna dapat memantau kondisi inkubator dari jarak jauh menggunakan *smartphone*.



Gambar 9. Desain tampilan antarmuka aplikasi Blynk

### 3. Hasil dan Pembahasan

Prototipe alat penetas telur burung puyuh menggunakan sensor DHT11 dan IoT berbasis Kalman filter telah berhasil dirancang, Hasil realisasi prototipe alat penetas telur burung puyuh merupakan bentuk implementasi dari perancangan yang menggabungkan aspek mekanik, elektronik, dan program sistem pengontrol. Penggabungan ini bertujuan untuk menciptakan sistem penetas yang dapat bekerja secara otomatis dan manual menggunakan interface antara sistem dengan Blynk pada smartphone dalam menjaga suhu dan kelembaban optimal, serta memastikan perputaran telur dan setpoint suhu sesuai dengan parameter yang telah ditentukan. Dengan adanya integrasi ini, sistem mampu memberikan kemudahan bagi pengguna dalam mengelola proses penetas secara lebih efektif. Sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Prototipe realisasi alat penetas telur puyuh

#### 3.1. Hasil Pengujian Pengukuran Suhu dan Kelembaban Tanpa Kalman Filter

Hasil pengujian pengukuran suhu ini dilakukan untuk mengetahui nilai suhu hasil pembacaan sensor DHT11, Pada saat pengujian berlangsung pembacaan nilai suhu dan kelembaban sensor DHT11 dengan alat ukur HTC2 akan dibandingkan untuk melihat error pengukuran antara DHT11 dengan alat ukur HTC2, yang nanti nilai error tersebut dijadikan landasan dalam penggunaan metode kalman filter dalam meningkatkan akurasi pembacaan suhu dan kelembaban pada sensor DHT11 yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian pengukuran suhu dan kelembaban

Suhu (°C)	Sensor DHT11 (°C)	Sensor DHT11 (%)	HTC2 (°C)	HTC2 (%)	Error (Temp) %	Error (Hum) %
30	31.65	61	30.02	60	5.43	1.67
	31.65	61	30.06	60	5.3	1.67
	31.73	62	30.06	60	5.57	3.33
	31.73	61	30.10	61	5.43	0.00
35	37.31	69	35.21	68	6.0	1.47
	37.42	69	35.21	68	6.31	1.47
	37.42	67	35.2	67	6.34	0.00
	37.61	68	35.23	68	6.8	0.00
40	41.10	73	40.08	72	2.55	1.39
	41.25	73	40.10	73	2.88	0.00
	41.31	74	40.10	73	3.02	1.37
	41.31	73	40.10	73	3.02	0.00
Rata-Rata					4.89	0.89

Dari hasil pengujian perbandingan suhu dan kelembaban yang diukur oleh sensor DHT11 dan HTC2 di dalam alat penetas telur dengan pemanas berupa lampu pijar. Pengujian dilakukan pada tiga rentang suhu, yaitu 30°C, 35°C, dan 40°C, dengan beberapa kali pencatatan di setiap rentang. Untuk melakukan perhitungan nilai rata-rata error suhu dan kelembaban pada tabel 1 menggunakan rumus persamaan

$$E = \frac{|T_{measured} - T_{true}|}{T_{true}} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana

E = Persentase Kesalahan Relatif

$T_{measured}$  = Nilai Suhu Yang Diukur

$T_{true}$  = Nilai Suhu Sebenarnya

#### 1. Kesalahan Relatif (Error) Suhu

Kesalahan relatif mengukur seberapa besar penyimpangan antara hasil pengukuran sensor DHT11 ( $T_{measured}$ ) dan nilai referensi alat ukur suhu dan kelembaban HTC2 ( $T_{true}$ ).

$$E = \frac{31.65 - 30.02}{30.02} \times 100\% = \frac{1.63}{30.02} \times 100 = 5.43\%$$

## 2. Kesalahan Relatif (Error) Kelembapan

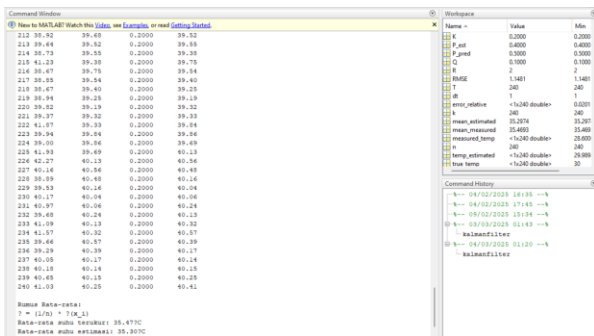
Kesalahan relatif mengukur seberapa besar penyimpangan antara hasil pengukuran sensor DHT11 ( $T_{(measured)}$ ) dan nilai referensi alat ukur suhu dan kelembapan HTC2 ( $T_{(true)}$ ).

$$E = \frac{61 - 60}{60} \times 100\% = \frac{1}{60} \times 100\% = 1.67\%$$

Hasil pengujian dan perhitungan menunjukkan bahwa sensor DHT11 cenderung mencatat suhu sedikit lebih tinggi dibandingkan HTC2, dengan rata-rata selisih suhu sekitar 0.29°C. Nilai kesalahan dalam pengukuran suhu berkisar antara 2.55% hingga 6.80%, dengan rata-rata error suhu sebesar 4.89%. Dalam hal kelembapan, terdapat perbedaan pembacaan antara kedua sensor, meskipun nilainya tidak terlalu besar. Nilai kesalahan dalam pengukuran kelembapan berkisar antara 0.00% hingga 3.33%, dengan rata-rata error kelembapan sebesar 0.89%. Dengan demikian, hasil pengujian ini menunjukkan adanya perbedaan antara kedua sensor dalam mengukur suhu dan kelembapan di dalam alat penetas telur. Namun, nilai rata-rata kesalahan yang relatif kecil masih memungkinkan keduanya digunakan dalam sistem pemantauan penetas.

## 3.2. Hasil Pengujian Metode Kalman Filter

Pada pengujian ini dilakukan perhitungan menggunakan software matlab, berikut hasil perhitungan pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil perhitungan estimasi suhu

Hasil pengujian dan perhitungan ini menggunakan matlab menunjukkan bahwa Kalman Filter mampu memberikan estimasi suhu yang lebih stabil dan mendekati suhu referensi dengan nilai kalman gain awal 0.3558 dan kalman gain akhir 0.2000. Perbandingan hasil pengukuran dengan perhitungan menggunakan kalman filter dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan dari Tabel 2, hasil pengujian dan perhitungan menunjukkan bahwa sensor DHT11 memiliki keakuratan yang cukup baik dan nilai pembacaan yang sangat mendekati dengan sensor HTC2 sebagai pembandingan dengan penggunaan metode Kalman Filter yang bekerja dengan cara memperkirakan nilai sebenarnya dari suatu pengukuran yang terpengaruh oleh noise atau gangguan.

Tabel 2. Hasil pengujian dengan Kalman filter

Suhu (°C)	Sensor DHT11 (°C)	Sensor DHT11 (%)	HTC2 (°C)	HTC2 (%)	Error (Temp) %	Error (Hum) %
30	30.38	69	30.42	69	0.13	0.0
	30.73	68	30.76	69	0.1	1.45
	30.85	68	30.87	69	0.06	1.45
	30.91	68	30.96	69	0.16	1.45
35	35.23	65	35.28	65	0.14	0.0
	35.64	65	35.69	65	0.14	0.0
	35.70	64	35.72	65	0.06	1.54
	35.79	65	35.83	65	0.11	0.0
40	40.01	60	40.06	60	0.12	0.0
	40.67	60	40.71	60	0.1	0.0
	40.71	61	40.75	60	0.1	1.67
	40.80	61	40.85	60	0.12	1.67
Rata					0.11	0.76

## 3.3. Hasil Pengujian Penetas Telur Burung Puyuh

Pengujian penetas telur burung puyuh ini dilakukan dengan penyediaan sampel pengujian berupa telur burung puyuh fertil, yang kemudian ditempatkan dalam alat penetas yang sudah ditambahkan program metode kalman filter untuk meningkatkan akurasi pengukuran suhu dan kelembapan serta mengendali suhu pada setpoint suhu yang akan ditentukan pada saat proses penetas telur burung puyuh berlangsung dengan dikontrol menggunakan ESP32. Sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

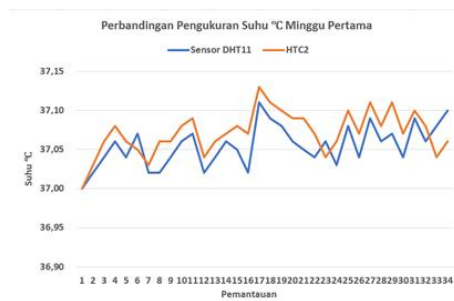
Dari hasil pengukuran dan pemantauan pada alat penetas telur burung puyuh pada minggu pertama menunjukkan bahwa pengukuran suhu menggunakan sensor DHT11 yang sudah diterapkan metode kalman filter sudah akurat. Hasil pengukuran dan pemantau suhu pada alat penetas telur burung puyuh ini menunjukkan rata-rata selisih suhu antara kedua alat berkisar antara 0,02°C hingga 0,16°C, dengan tingkat kesalahan pengukuran suhu mencapai 0,253%. Selanjutnya dalam pengukuran kelembapan, tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil pengukuran menggunakan DHT11 dan HTC2. Hasil menunjukkan bahwa pengukuran kelembapan memiliki nilai yang sama antara sensor DHT11 dengan alat ukur HTC2, kecuali pada beberapa titik di mana terdapat selisih sebesar 1%. Tingkat kesalahan dalam pengukuran kelembapan berkisar antara 0,00% hingga 1,59%, dengan rata-rata kesalahan sebesar 0,187%. Hasil pengukuran dan pemantauan suhu serta kelembapan pada minggu pertama dapat dilihat pada Gambar 12.

**Tabel 3. Hasil pengujian minggu pertama**

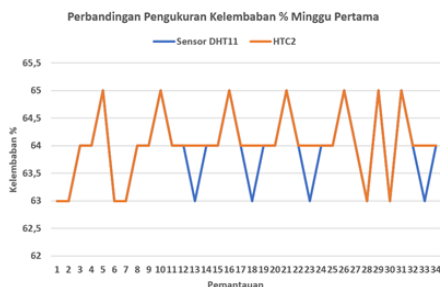
Tanggal	Sensor DHT11 (°C)	Sensor DHT11 (%)	HTC2 (°C)	HTC2 (%)	Error (Temp) %	Error (Hum) %
01/03/2025	37.00	63	37.10	63	0.27	0.00
01/03/2025	37.02	63	37.1	63	0.22	0.00
01/03/2025	37.04	64	37.15	64	0.3	0.00
01/03/2025	37.06	64	37.16	64	0.27	0.00
02/03/2025	37.08	65	37.2	65	0.32	0.00
02/03/2025	37.10	63	37.26	63	0.43	0.00
02/03/2025	37.12	63	37.22	63	0.27	0.00
02/03/2025	37.14	64	37.24	64	0.27	0.00
02/03/2025	37.16	64	37.26	64	0.27	0.00
03/03/2025	37.18	65	37.30	65	0.32	0.00
03/03/2025	37.20	64	37.30	64	0.27	0.00
03/03/2025	37.22	64	37.32	64	0.27	0.00
03/03/2025	37.24	63	37.34	64	0.27	1.59
03/03/2025	37.26	64	37.36	64	0.27	0.00
04/03/2025	37.28	64	37.38	64	0.27	0.00
04/03/2025	37.30	65	37.40	65	0.27	0.00
04/03/2025	37.32	64	37.42	64	0.27	0.00
04/03/2025	37.34	63	37.44	64	0.27	1.59
04/03/2025	37.36	64	37.46	64	0.27	0.00
05/03/2025	37.38	64	37.48	64	0.27	0.00
05/03/2025	37.40	65	37.50	65	0.27	0.00
05/03/2025	37.42	64	37.52	64	0.27	0.00
05/03/2025	37.44	63	37.54	64	0.27	1.59
05/03/2025	37.46	64	37.56	64	0.27	0.00
06/03/2025	37.48	64	37.56	64	0.22	0.00
06/03/2025	37.50	65	37.56	65	0.16	0.00
06/03/2025	37.52	64	37.56	64	0.11	0.00
06/03/2025	37.54	63	37.56	63	0.05	0.00
06/03/2025	37.56	65	37.56	65	0.0	0.00
07/03/2025	37.00	63	37.10	63	0.27	0.00
07/03/2025	37.30	65	37.40	65	0.27	0.00
07/03/2025	37.32	64	37.42	64	0.27	0.00
07/03/2025	37.34	63	37.44	64	0.27	1.59
07/03/2025	37.36	64	37.46	64	0.27	0.00
Rata-Rata					0.253	0.187

**Tabel 4. Hasil pengujian minggu kedua**

Tanggal	Sensor DHT11 (°C)	Sensor DHT11 (%)	HTC2 (°C)	HTC2 (%)	Error (Temp) %	Error (Hum) %
08/03/2025	39.17	65	39.27	65	0.26	0.0
08/03/2025	39.20	66	39.35	64	0.39	3.03
08/03/2025	39.12	67	39.25	66	0.34	1.49
08/03/2025	39.25	68	39.50	67	0.65	1.47
08/03/2025	39.05	69	39.15	68	0.26	1.45
09/03/2025	39.18	65	39.28	65	0.26	0.0
09/03/2025	39.14	66	39.29	64	0.39	3.03
09/03/2025	39.22	67	39.44	66	0.58	1.49
09/03/2025	39.11	68	39.21	67	0.26	1.47
09/03/2025	39.23	69	39.48	68	0.65	1.45
10/03/2025	39.13	65	39.23	64	0.26	1.54
10/03/2025	39.19	66	39.30	65	0.28	1.52
10/03/2025	39.11	67	39.25	66	0.36	1.49
10/03/2025	39.15	68	39.33	67	0.46	1.47
10/03/2025	39.17	69	39.29	68	0.31	1.45
11/03/2025	39.12	65	39.24	64	0.31	1.54
11/03/2025	39.20	66	39.38	65	0.46	1.52
11/03/2025	39.18	67	39.35	66	0.44	1.49
11/03/2025	39.14	68	39.25	67	0.28	1.47
11/03/2025	39.16	69	39.31	68	0.39	1.45
12/03/2025	39.13	65	39.28	64	0.39	1.54
12/03/2025	39.19	66	39.32	65	0.34	1.52
12/03/2025	39.11	67	39.22	66	0.28	1.49
12/03/2025	39.15	68	39.36	67	0.54	1.47
12/03/2025	39.17	69	39.30	68	0.34	1.45
13/03/2025	39.12	65	39.26	64	0.36	1.54
13/03/2025	39.20	66	39.31	65	0.28	1.52
13/03/2025	39.18	67	39.29	66	0.28	1.49
13/03/2025	39.14	68	39.35	67	0.54	1.47
13/03/2025	39.16	69	39.30	68	0.36	1.45
14/03/2025	39.13	65	39.17	64	0.10	1.54
14/03/2025	39.19	66	39.21	65	0.05	1.52
14/03/2025	39.11	67	39.18	66	0.18	1.49
14/03/2025	39.15	68	39.20	67	0.13	1.47
14/03/2025	39.17	69	39.19	68	0.05	1.45
15/03/2025	39.12	65	39.16	64	0.10	1.54
15/03/2025	39.20	66	39.21	65	0.03	1.52
15/03/2025	39.18	67	39.21	66	0.08	1.49
15/03/2025	39.14	68	39.18	67	0.10	1.47
15/03/2025	39.16	69	39.21	68	0.13	1.45
16/03/2025	39.13	65	39.17	64	0.10	1.54
16/03/2025	39.19	66	39.21	65	0.05	1.52
16/03/2025	39.11	67	39.18	66	0.18	1.49
16/03/2025	39.15	68	39.20	67	0.13	1.47
16/03/2025	39.17	69	39.19	68	0.05	1.45
17/03/2025	39.12	65	39.16	64	0.10	1.54
Rata-Rata					0.269	1.496



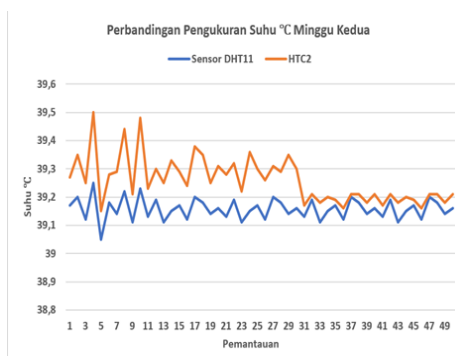
(a). Suhu



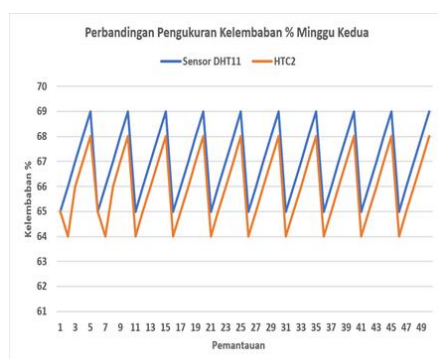
(b). Kelembaban

**Gambar 12. Grafik pengujian minggu pertama**

Dari hasil pengukuran dan pemantauan suhu serta kelembaban menggunakan sensor DHT11 dan alat ukur HTC2 pada periode minggu kedua proses penetasan menunjukkan bahwa sensor DHT11 memiliki tingkat akurasi yang baik juga seperti pada minggu pertama. Pengukuran suhu menggunakan DHT11 disertai menggunakan alat ukur suhu HTC2 menunjukkan selisih suhu berkisar antara 0,01°C hingga 0,25°C, dengan tingkat kesalahan pengukuran suhu rata-rata sebesar 0,269%. Dalam pengukuran kelembaban, terdapat perbedaan kecil antara sensor DHT11 dengan alat ukur HTC2, selisih kelembaban berkisar antara 0% hingga 2%. Tingkat kesalahan pengukuran kelembaban rata-rata mencapai 1,496%. Hasil pengukuran dan pemantauan suhu serta kelembaban pada alat penetas telur burung puyuh, dapat dilihat pada Gambar 13.



(a). Suhu



(b). Kelembaban

**Gambar 13. Grafik pengujian minggu kedua**

Hasil dari pengujian dan pengukuran suhu serta kelembaban pada minggu pertama dan kedua menggunakan metode kalman filter, Pada hari ke 15 telur burung puyuh sudah mulai terjadi keretakan pada cangkangnya dan pada hari ke 16 dan 17 anak burung puyuh sudah menetas dengan hasil pada pengujian ini telur burung puyuh menetas sebanyak 55 butir dari 65 butir telur fertil yang sudah diseleksi sebelumnya, hasil penetasan ini berhasil dari hari ke 16 sampai 18.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian selama 18 hari berturut-turut terhadap penetasan telur burung puyuh menggunakan sensor DHT11 dan Internet of Things berbasis Kalman filter menunjukkan bahwa sensor DHT11 memiliki performa yang cukup baik setelah diterapkan metode kalman filter dalam mengukur suhu dan kelembaban. Selisih kecil dalam pengukuran suhu dan kelembaban menunjukkan bahwa penerapan metode ini dapat diandalkan untuk pengukuran suhu dan kelembaban dengan tingkat akurasi yang baik. Penerapan metode kalman filter pada pengujian yang sudah dilakukan dapat meningkatkan akurasi pengukuran, Hasil yang didapat pada penerapan ini yaitu Penerapan Kalman Filter meningkatkan akurasi pengukuran, menurunkan rata-rata kesalahan suhu menjadi 0.11% dan kelembaban 0.76%.

Dari pengujian perbandingan pengukuran suhu dan kelembaban secara manual dengan menggunakan Kalman filter menunjukkan bahwa alat penetas telur burung puyuh menjadi lebih stabil, dengan kesalahan suhu 0.11% dan kelembaban 0.76%, dibandingkan metode manual yang kesalahannya sebesar 4.89% dan 0.89%. Sehingga hasil pengukuran sensor menjadi akurat dalam mengukur suhu dan kelembaban pada proses penetasan telur burung puyuh.

#### Referensi

- [1]. E. M. Susilowati, "Pengembangan Dan Pemasaran Ternak Burung Puyuh Di Desa Tegaldowo Gemolong Sragen," *BERNAS J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 2, no. 4, pp. 897–900, 2021, doi: 10.31949/jb.v2i4.1527.
- [2]. A. Nangsuay *et al.*, "Effects of oxygen concentration during incubation and broiler breeder age on embryonic heat production, chicken development, and 7-day performance," *Animal*, vol. 15, no. 9, p. 100323, 2021, doi: 10.1016/j.animal.2021.100323.
- [3]. A. Syaifur Rohman, S. Dwianto, and T. Genarsih, "Desain Sistem Inkubator Telur Otomatis Menggunakan Protokol Mqtt Terintegrasi Dengan Aplikasi Seluler," *J. Tek. Elektro*, vol. 14, no. 2, pp. 111–121, 2024, doi: <https://doi.org/10.36546/jte.v14i2.1396>.
- [4]. P. A. Topan, J. Raya, O. Maras, B. Alang, and M. Hulu, "Optimasi Pengukuran Suhu Sensor LM35 Menggunakan Kalman Filter," *Dielekt. –Department Electr. Eng. Univ. Mataram*, vol. 9, no. 2, pp. 141–147, 2022, doi: <https://doi.org/10.29303/dielektrika.v9i2.311>.
- [5]. K. I. Masud, P. Bhottacharjee, A. Saeid, M. G. Mostofa, and M. O. Rahman, "Design and Development of an Efficient IoT-based Egg Incubation System," in *2023 International Conference on Next-Generation Computing, IoT and Machine Learning (NCIM)*, 2023, vol. 11, no. 2, pp. 1–6. doi: 10.1109/NCIM59001.2023.10212960.
- [6]. I. Ullah, M. Fayaz, and D. H. Kim, "Improving accuracy of the Kalman filter algorithm in dynamic conditions using ANN-based learning module," *Symmetry (Basel)*, vol. 11, no. 1, pp. 11–22, 2019, doi: 10.3390/sym11010094.
- [7]. A. A. Aldair, A. T. Rashid, and M. Mokayef, "Design and Implementation of Intelligent Control System for Egg Incubator Based on IoT Technology," *Int. Conf. Electr. Electron. Syst. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 49–54, 2020, doi: 10.1109/ICEESE.2018.8703539.
- [8]. C. Cheng, "Enhancing Sensor Accuracy: Integration of Kalman Filtering and Machine Learning," *Int. Conf. Big Data Artif. Intell. Softw. Eng.*, vol. 12, no. 2, pp. 844–847, 2024, doi: 10.1109/ICBASE63199.2024.10762408.
- [9]. M. Munawarah, M. Daud, and A. Mardhiah, "Prototipe Ayunan Bayi Otomatis Berbasis Internet of Things dan Aplikasi Telegram," *Sisfo J. Ilm. Sist. Inf.*, vol. 7, no. 1, p. 122, 2023, doi: 10.29103/sisfo.v7i1.12469.
- [10]. A. H. Bakriansyah, M. Daud, T. Taufiq, and A. Asran, "Prototype of Automatic Monitoring and Control System for Water Supply, Acidity, and Nutrition in Internet of Things Based DFT Hydroponics," *Motiv. J. Mech. Electr. Ind. Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 339–350, 2023, doi: 10.46574/motivection.v5i2.235.

- [11]. S. Fuada, E. Setyowati, G. I. Aulia, and D. W. Riani, "Narrative Review Pemanfaatan Internet-Of-Things Untuk Aplikasi Seed Monitoring And Management System Pada Media Tanaman Hidroponik Di Indonesia," *INFOTECH J.*, vol. 9, no. 1, pp. 38–45, 2023, doi: 10.31949/infotech.v9i1.4439.
- [12]. D. Firmansyah, A. Ullah, A. Faizal, and H. Zarory, "Perancangan Sistem Pemantauan Kondisi Tempat Sampah Kampus Berbasis Internet of Things (Iot) (Studi Kasus : Fakultas Sains Dan Teknologi Uin Suska Riau)," *Transm. J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 25, no. 4, pp. 165–171, 2023, doi: 10.14710/transmisi.25.4.165-171.
- [13]. R. Hidayati, K. Sari, Y. Halawa, A. Tafrihan, and M. A. Harits, "Sistem Pemantauan Kualitas Udara Secara Real-Time Menggunakan Esp32 Dan Teknologi IoT," *J. Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 2, pp. 232–245, 2024, doi: 10.46576/djtechno.
- [14]. A. Rofi *et al.*, "Pengembangan Sistem Mekanika dan Dinamika pada Robot Edukasi Berbasis IoT dan ESP32," *Transm. J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 27, no. 1, pp. 64–69, 2025, doi: 10.14710/transmisi.27.1.64-69.
- [15]. M. Faishol Amrulloh and M. Syarwani, "Sistem Monitoring Suhu Pada Kandang Ayam Menggunakan esp8266 dan Sensor dht11 Berbasis IOT," *Neutral J. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 9–13, 2023.
- [16]. A. Syamsul, D. Suddin, A. Hafid, and A. Adriani, "Perancangan Sequential Time Programable Logic Control (PLC) Smart Relay pada System Blasting Cyclone Preheater di PT. Semen Tonasa," *J. Pendidik. Tambusai*, vol. 8, no. 2, pp. 23–35, 2024, doi: 10.31004/jptam.v8i2.15147.
- [17]. W. Alfalah, V. Sarma Quraini, and N. Qurrotuayun, "Implementation of Kalman Filter With Pi-Controller for Temperature Sensor in Fish Pond Monitoring System," *J. Robot. Autom. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–10, 2024, doi: <https://doi.org/10.21831/jrace.v2i1.552>.
- [18]. B. A. Tengger and R. Ropiudin, "Pemanfaatan Metode Kalman Filter Diskrit untuk Menduga Suhu Udara," *Sq. J. Math. Math. Educ.*, vol. 1, no. 2, p. 127, 2019, doi: 10.21580/square.2019.1.2.4202.