



Sistem Kendali dan Pemantauan Inkubator pada Telur Bebek Berbasis Internet of Things (IoT)

Nia Handayani*, Tedy Rismawan, Irma Nirmala

Fakultas MIPA, Program Studi Rekayasa Sistem Komputer, Universitas Tanjungpura, Pontianak
Jl. Prof. Dr. H. JI. Profesor Dokter H. Hadari Nawawi, Bansir Laut, Kec. Pontianak Tenggara, Kota Pontianak, Kalimantan Barat, Indonesia

Email: ^{1,*}niah@student.untan.ac.id, ²tedyrismawan@siskom.untan.ac.id, ³irma.nirmala@siskom.untan.ac.id

Email Penulis Korespondensi: niah@student.untan.ac.id

Submitted: 30/08/2024; Accepted: 31/10/2024; Published: 31/10/2024

Abstrak—Proses penetasan telur bebek masih menggunakan cara manual, yaitu dengan pengeraman indukan langsung atau mengeramkan ke unggas lain. Seiring berjalannya waktu, peternak mulai menggunakan mesin tetas (inkubator) untuk menetas telur bebek. Penggunaan inkubator masih melakukan pengendalian dan pemantauan secara manual, yaitu pengecekan suhu dan kelembaban inkubator masih dilakukan oleh peternak secara berkala dan pembalikan posisi telur masih dilakukan satu per satu dengan tangan. Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem yang dapat melakukan pengendalian dan pemantauan penetasan telur bebek menggunakan inkubator secara otomatis dan manual berbasis Internet of Things dengan menggunakan sensor DHT22, Sensor ultrasonik dan sensor PIR. Pengaruh dari implementasi sistem kendali dan pemantauan inkubator pada penetasan telur bebek, yaitu dapat menjaga lingkungan penetasan telur di dalam inkubator berdasarkan parameter ideal tanpa harus dipantau langsung oleh peternak. Sistem dapat dikendalikan secara otomatis dan manual melalui website dan berhasil menetas 10 telur fertil dalam waktu 29 sampai 30 hari. Kondisi anak bebek yang ditetaskan juga dalam keadaan sehat, tidak ada yang cacat. Pembacaan sensor DHT22 pada pengujian keseluruhan sistem mendapatkan hasil yang baik dengan nilai galat rata-rata sensor sebesar 0.87% untuk suhu dan 3.91% untuk kelembaban. Nilai pembacaan sensor DHT22 memastikan suhu dan kelembaban di dalam inkubator terjaga dengan mengendalikan hidup dan mati dua lampu serta dua kipas. Selanjutnya, pembacaan sensor ultrasonik pada pengujian keseluruhan sistem juga mendapatkan hasil yang baik dengan nilai galat rata-rata sensor sebesar 0.19%. Jarak air dalam wadah dapat terjaga karena sistem dapat mengendalikan hidup dan mati pompa air. Kemudian, pembacaan sensor PIR dalam pengujian keseluruhan berhasil mendeteksi semua gerakan telur bebek yang menetas di dalam inkubator sehingga sistem dapat memberikan peringatan berupa bunyi buzzer dan notifikasi pop-up pada website.

Kata Kunci: Penetasan; Bebek; Inkubator; Sensor; Internet of Things; Website

Abstract—The process of hatching duck eggs still uses manual methods, namely by incubating the brood directly or incubating other birds. Over time, farmers began to use hatching machines (incubators) to hatch duck eggs. The use of incubators still controls and monitors manually, namely checking the temperature and humidity of the incubator is still done by the breeder periodically and reversing the position of the eggs is still done one by one by hand. This research aims to build a system that can control and monitor duck egg hatching using incubators automatically and manually based on the Internet of Things using DHT22 sensors, ultrasonic sensors and PIR sensors. The effect of the implementation of the incubator control and monitoring system on duck egg hatching, which can maintain the egg hatching environment in the incubator based on ideal parameters without having to be monitored directly by the breeder. The system can be controlled automatically and manually through the website and successfully hatch 10 fertile eggs within 29 to 30 days. The condition of the hatched ducklings is also healthy, no defects. DHT22 sensor readings in testing the entire system get good results with an average error value of 0.87% for temperature and 3.91% for humidity. The DHT22 sensor reading value ensures that the temperature and humidity in the incubator are maintained by controlling the on and off of two lights and two fans. Furthermore, the ultrasonic sensor readings in the overall system test also obtained good results with an average sensor error value of 0.19%. The distance of water in the container can be maintained because the system can control the on and off of the water pump. Then, the PIR sensor readings in the overall test successfully detected all movements of the duck eggs that hatched in the incubator so that the system can provide warnings in the form of buzzer sounds and pop-up notifications on the website.

Keywords: Incubation; Duck; Incubator; Sensor; Internet of Things; Website

1. PENDAHULUAN

Bebek merupakan unggas lokal yang diternakkan oleh masyarakat [1]. Untuk meningkatkan populasi bebek, peternak biasanya melakukan proses penetasan telur [2]. Penetasan pada telur bebek dapat dilakukan dalam beberapa cara, yaitu dengan dierami oleh induknya, dimasukkan ke dalam mesin tetas (inkubator) ataupun dierami oleh unggas lain [3]. Ada beberapa faktor yang membuat gagal dalam penetasan pada telur bebek, yaitu adanya telur yang tidak dibuahi oleh pejantan (telur infertil) dan indukan yang masih belajar mengerami ataupun indukan yang tidak sehat [4]. Selain faktor tersebut ada juga faktor lingkungan seperti kondisi suhu dan kelembaban pada tempat pengeraman [5]. Tidak adanya seleksi awal pada telur yang akan ditetaskan juga menjadi pengaruh yang membuat gagal dalam penetasan [6].

Oleh karena itu, diperlukan alat yang dapat membantu menetas telur bebek. Mesin tetas atau yang disebut dengan inkubator merupakan alat yang digunakan untuk mengimplementasikan pengeraman telur sesuai dengan keadaan telur dierami oleh induknya [7]. Inkubator diatur dengan melakukan penyesuaian terhadap kelembaban, suhu, pemberian air, serta untuk pembalikan posisi telur agar dapat membuat embrio telur



berkembang. Penggunaan inkubator dalam penetasan telur bebek bertujuan untuk mempermudah peternak agar dapat menetas telur dengan cara efisien.

Namun pemantauan dan pengendalian terhadap pemakaian inkubator untuk menetas telur bebek masih dilakukan secara manual, yaitu pengecekan suhu dan kelembaban, pembalikan posisi telur, serta pemberian air pada inkubator masih dilakukan oleh peternak sendiri. Oleh karena itu, solusi dari masalah tersebut dibangun sistem agar dapat mengendalikan dan memantau suhu, kelembaban, pembalikan posisi telur, serta gerak bebek yang menetas dari telur dan jarak air pada inkubator agar sesuai dengan peneraman telur bebek.

Adapun penelitian terkait yang pernah dilakukan sebelumnya, yaitu penelitian tentang pengontrolan suhu otomatis untuk menetas telur ayam [8]. Pada penelitian ini mikrokontroler yang digunakan adalah NodeMCU ESP8266. Sensor DS18B20 sebagai pendeteksi suhu, sensor DHT11 sebagai pendeteksi kelembaban. Hasil pengukuran sensor ditampilkan pada LCD, dan monitoring dilakukan dengan menggunakan Blynk. Tingkat keberhasilan sistem dalam menetas telur sebanyak 80%. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan yaitu, objek penelitian yang dilakukan menggunakan telur bebek, mikrokontroler yang digunakan NodeMCU ESP32, sensor DHT22 untuk pembacaan suhu dan kelembaban, serta pemantauan menggunakan website.

Penelitian lainnya yaitu tentang monitoring temperatur untuk menetas telur bebek menggunakan inkubator [9]. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266, sensor DHT22 sebagai pendeteksi suhu dan kelembaban pada inkubator serta sensor PIR untuk mendeteksi pergerakan pada saat bebek menetas dari telur. Penelitian tersebut menggunakan website untuk menampilkan data suhu dan kelembaban. Tingkat keberhasilan dari penelitian ini adalah 73.3%. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan yaitu, mikrokontroler yang digunakan pada penelitian yang dilakukan adalah NodeMCU ESP32, buzzer sebagai pemberi peringatan telur menetas, dan pemantauan menggunakan website.

Kemudian penelitian lainnya tentang pemantauan kinerja dari mesin tetap secara otomatis [10]. Penelitian tersebut menggunakan sistem yang memanfaatkan panas lampu pijar untuk menjaga kestabilan suhu mesin tetap. Dengan memanfaatkan sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembaban, kemudian data tersebut diproses pada mikrokontroler wemos D1. Pembacaan suhu dan kelembaban dilakukan secara realtime menggunakan IoT dengan platform Blynk yang diakses dengan menggunakan smartphone. Tingkat keberhasilan yang didapat pada penelitian ini adalah 74%. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan yaitu, mikrokontroler yang digunakan pada penelitian yang dilakukan adalah NodeMCU ESP32, buzzer sebagai peringatan telur bebek menetas, dan website sebagai perantara untuk memantau dan mengendalikan sistem.

Penelitian ini memiliki 2 mode pengendalian, yaitu mode manual dan otomatis. Mode otomatis digunakan pada saat hari pertama sampai hari ke-25 peneraman, kemudian pada hari ke-26 akan dilanjutkan dengan mode manual sampai telur bebek menetas. Pada mode otomatis sistem mengendalikan 2 buah lampu, 2 buah kipas, motor geser dan pompa air. Sedangkan untuk mode manual pengguna dapat mengendalikan hidup dan mati 2 buah lampu, 2 buah kipas, motor geser, pompa air dan sensor PIR. Dengan adanya sistem ini, dapat memudahkan peternak dalam melakukan kendali dan pemantauan terhadap penetasan telur bebek menggunakan inkubator.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Pada bagian metode penelitian dibahas alur penelitian yang terdiri dari studi literatur, pengumpulan data, perancangan sistem, implementasi sistem, pengujian, kesimpulan dan saran. Adapun tahapan yang dilakukan sebagai berikut:

- a. Studi Literatur: Proses mengumpulkan data dan informasi dari artikel, buku dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penetasan telur bebek.
- b. Pengumpulan Data: Pengumpulan data dilakukan dengan mewawancarai peternak bebek, yaitu ibu Hasti Nurcahyati dan bapak Deni. Data lain juga diperoleh dari penelitian dengan batas nilai suhu 37-39, kelembaban 60-70%, dan waktu pembalikan posisi telur sebanyak 5-8 kali dalam sehari [11]. Hasil dari informasi tersebut ditarik kesimpulan sebagai parameter ideal yang digunakan pada penelitian ini. Adapun hasil pengumpulan data yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengumpulan Data

Parameter	Wawancara ibu Hasti Nurcahyati	Wawancara bapak Deni	Data dari jurnal	Kesimpulan yang di dapat
Suhu (C)	37-39	38-39	37-39	37-39
Kelembaban (%)	55-65	55-65	60-70	55-65
Waktu pembalikan telur	5 kali sehari	3 - 5 kali sehari	5-8 kali sehari	5 kali sehari

- c. Perancangan Sistem: Pada tahap ini dilakukan perancangan perangkat keras dan perangkat lunak yang disesuaikan dengan hasil pengumpulan data yang telah didapatkan.



- d. Implementasi Sistem: Implementasi sistem adalah tahapan perakitan sistem dalam bentuk nyata. Perakitan dilakukan dengan membangun perangkat keras dan dilanjutkan dengan membangun perangkat lunak.
- e. Pengujian Sistem: Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah dibangun. Apakah sistem sudah sesuai atau masih terdapat kesalahan.
- f. Kesimpulan dan Saran: Pada bagian ini terdapat hasil rangkuman dari keseluruhan sistem yang telah dibangun serta saran untuk perbaikan penelitian selanjutnya.

2.2 Kebutuhan Perangkat Keras

Pada perancangan sistem dilakukan dengan membuat perancangan perangkat keras. Perancangan perangkat keras meliputi komponen-komponen yang saling terhubung pada sebuah sistem. Adapun beberapa kebutuhan dalam membangun perangkat keras, sebagai berikut:

- a. NodeMCU ESP32 merupakan mikrokontroler yang menyediakan layanan dalam membangun aplikasi berbasis android maupun website [12]. NodeMCU ESP32 digunakan sebanyak dua buah, NodeMCU pertama sebagai pembacaan sensor ultrasonik dan sensor DHT22 serta kendali buzzer. Sedangkan untuk NodeMCU ESP32 kedua untuk mengendalikan modul relay, buzzer dan pembacaan sensor PIR.
- b. Sensor DHT22 merupakan sensor yang berfungsi untuk mendeteksi suhu dan kelembaban yang ada di dalam inkubator. Kualitas pembacaan yang dilakukan oleh sensor DHT22 sangat baik dengan respon yang cepat dan pengukuran yang lebih akurat [13].
- c. Sensor ultasonik merupakan sensor yang berfungsi untuk mendeteksi jarak air pada wadah di dalam inkubator. Cara kerja sensor ini, yaitu dengan mengukur jarak dengan memancarkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 KHz [14].
- d. Sensor PIR merupakan sensor yang berfungsi untuk mendeteksi gerak pada telur bebek yang menetas. Sensor PIR menerima paparan sinar inframerah kemudian melakukan respon pasif terhadap sinar energi yang dideteksinya [15].
- e. Modul relay merupakan saklar otomatis yang digerakan oleh arus [16]. Modul relay digunakan untuk mengendalikan lampu, kipas, motor geser dan pompa air.
- f. Kipas biasanya digunakan untuk sistem ventilasi, penyegar dan pendingin udara [17]. Kipas berfungsi untuk mengendalikan suhu dan kelembaban serta menjaga sirkulasi udara di dalam inkubator.
- g. Lampu pijar merupakan sumber cahaya yang dihasilkan dari pemanasan logam filament sampai ke suhu yang tinggi [18]. Pada penelitian ini lampu pijar berfungsi sebagai sumber penghangat di dalam inkubator.
- h. Motor AC atau motor geser merupakan penggerak yang digunakan untuk membalikkan posisi telur bebek, agar telur bebek dapat menerima suhu panas dan kelembaban yang merata [19].
- i. Pompa air berfungsi mengalirkan air dari tempat yang rendah ke tempat yang tinggi [20]. Pada penelitian ini pompa berfungsi mengalirkan air ke dalam wadah inkubator.
- j. Buzzer merupakan alat elektronika yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi suara [21]. Buzzer berfungsi sebagai peringatan jika ada gerakan terdeteksi di dalam inkubator.
- k. LCD merupakan perangkat yang berfungsi untuk menampilkan informasi. LCD digunakan untuk menampilkan data suhu dan kelembaban hasil pembacaan sensor DHT22. LCD mempunyai beberapa spesifikasi, yaitu data pin, power suply dan contrast setting untuk menampilkan data [22].

2.3 Kebutuhan Lain

Pada perancangan sistem dilakukan dengan membuat perancangan perangkat lunak. Perancangan perangkat lunak meliputi komponen-komponen yang digunakan untuk membangun website. Adapun beberapa kebutuhan dalam membangun perangkat lunak, sebagai berikut:

- a. Arduino IDE adalah aplikasi yang digunakan untuk melakukan pemrograman terhadap mikrokontroler.
- b. Internet of Things(IoT) merupakan sebuah konsep yang dapat memperluas manfaat dari koneksi internet dan memungkinkan untuk menghubungkan perangkat keras dengan perangkat lunak agar dapat melakukan pengolahan data [23]. pada penelitian ini IoT berfungsi untuk mengintegrasikan proses pengendalian dan pemantauan kondisi inkubator.
- c. Google Firebase merupakan sistem database yang dapat memungkinkan dalam mengembangkan aplikasi ataupun website [24]. Pada penelitian ini google firebase berfungsi sebagai basis data realtime untuk menyimpan hasil pengukuran sensor.
- d. Galat merupakan hasil yang didapatkan dari selisih nilai hasil pengukuran sistem dengan nilai pengukuran sebenarnya[25]. Pada penelitian ini galat berfungsi untuk mengetahui tingkat akurasi dari pengukuran sensor terhadap suhu, kelembaban dan jarak air. Terdapat dua galat, yaitu galat absolut dan galat relatif, untuk menghitung galat absolut dapat dilihat pada rumus (1) dan galat relatif pada rumus (2).

$$\text{Galat mutlak} = \text{Hasil Pengukuran} - \text{Nilai sebenarnya} \quad (1)$$

$$\text{Galat relatif} = \text{Galat mutlak} / \text{Nilai sebenarnya} \times 100\% \quad (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem inkubator berbasis IoT ini menggunakan dua NodeMCU ESP32. NodeMCU pertama bertanggung jawab membaca data dari sensor DHT22 dan sensor ultrasonik, serta mengendalikan tampilan pada LCD. NodeMCU kedua berfungsi mendeteksi gerakan melalui sensor PIR, mengendalikan peralatan yang terhubung ke modul relay, dan mengoperasikan buzzer. Data suhu dan kelembaban dari sensor DHT22 ditampilkan pada LCD dan dikirimkan ke Firebase melalui jaringan internet. Data dari sensor PIR dan sensor ultrasonik juga dikirimkan ke Firebase dan kemudian ditampilkan di website untuk pemantauan pengguna.

Modul relay yang terhubung ke NodeMCU kedua mengendalikan dua lampu pijar, dua kipas, motor geser, dan pompa air. Pengendalian ini dilakukan dalam dua mode, yaitu otomatis dan manual. Mode otomatis aktif dari awal pengeraman hingga hari ke-25, di mana sistem mengatur perangkat berdasarkan batas suhu, kelembaban, jarak air, dan waktu yang telah ditetapkan. Mulai hari ke-26 hingga telur menetas, pengguna dapat beralih ke mode manual untuk mengendalikan perangkat secara langsung melalui website, tanpa batasan nilai tertentu.

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan fungsionalitasnya, termasuk pemantauan suhu, kelembaban, gerakan telur yang menetas, dan jarak air yang dapat dilihat melalui website. Pengendalian peralatan, baik secara otomatis maupun manual, juga diuji melalui antarmuka website. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem ini mampu menetasakan 10 telur bebek fertil dalam 29 hingga 30 hari.

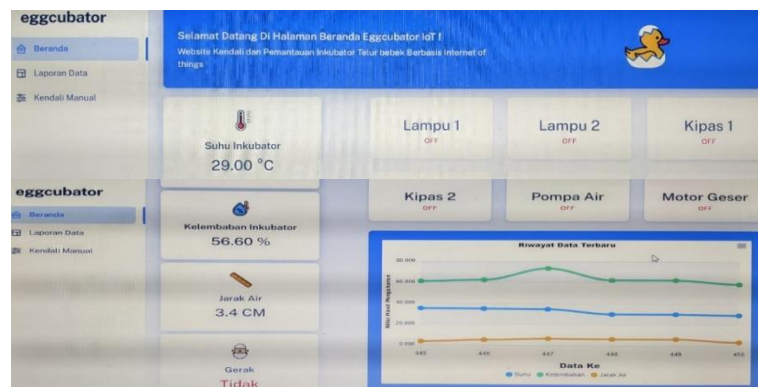
Implementasi sistem melibatkan dua aspek utama, yaitu perangkat keras dan perangkat lunak. Implementasi perangkat keras mencakup penghubungan komponen fisik, sementara perangkat lunak melibatkan pembuatan website untuk pemantauan dan kendali. NodeMCU pertama menghubungkan sensor DHT22, sensor ultrasonik, dan LCD untuk memantau suhu, kelembaban, dan jarak air di dalam inkubator. NodeMCU kedua mengendalikan sensor PIR, modul relay, dan buzzer untuk memantau gerakan dan mengoperasikan peralatan seperti lampu, kipas, motor geser, dan pompa air.

Pengguna dapat memilih antara kendali otomatis atau manual, tergantung pada kebutuhan. Kendali otomatis didasarkan pada nilai-nilai batas yang telah ditentukan, sedangkan kendali manual memungkinkan pengguna mengatur kondisi peralatan langsung melalui website. Dengan demikian, sistem ini menawarkan fleksibilitas dan efisiensi dalam pengelolaan inkubator, yang diharapkan dapat meningkatkan keberhasilan penetasan telur bebek. Adapun implementasi perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Implementasi Perangkat Keras

Pada implementasi perangkat lunak, dibuat website dengan 3 halaman, yaitu halaman dashboard, halaman laporan data dan halaman kendali manual. Pada website juga terdapat pop-up notifikasi jika ada gerakan terdeteksi. Halaman beranda menampilkan data hasil pengukuran sensor secara realtime, yaitu hasil pengukuran suhu inkubator, kelembaban inkubator, jarak air pada wadah serta gerak untuk mendeteksi telur bebek menetas. Kemudian pada halaman beranda juga menampilkan status on/off lampu 1, lampu 2, kipas 1, kipas 2, motor geser dan pompa air. Selain itu, halaman beranda juga menampilkan laporan 6 data terbaru yang disajikan dalam bentuk grafik, data ini diambil setiap 3 jam sekali dan ditampilkan pada grafik riwayat data terbaru. Adapun data yang ditampilkan pada grafik berupa data suhu, kelembaban dan jarak. Dengan membuka halaman beranda, pengguna sudah dapat melakukan pemantauan terhadap penggunaan inkubator dalam melakukan penetasan telur bebek. Halaman beranda dapat dilihat pada Gambar 2.



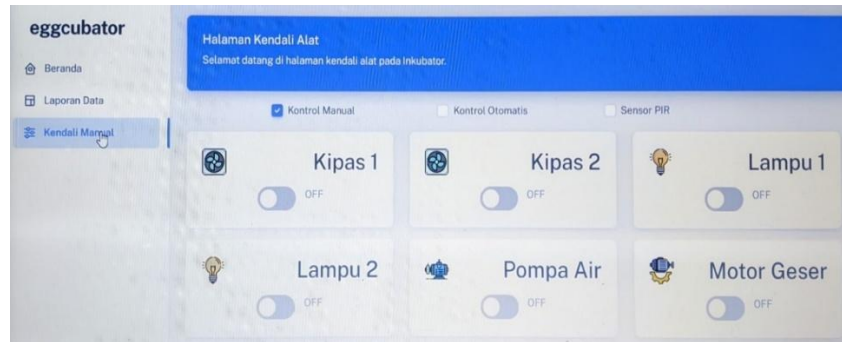
Gambar 2. Halaman Beranda

Pada halaman laporan data, menampilkan data hasil pendeteksian sensor dalam bentuk tabel. Laporan data akan terus bertambah setiap 3 jam sekali. Data yang ditampilkan berupa data suhu, kelembaban, jarak, gerak dan waktu. Pada halaman ini juga terdapat search bar untuk mencari data yang diinginkan. Berikut ini adalah tampilan halaman laporan data dapat dilihat pada Gambar 3.

Suhu	KELEMBABAN	JARAK	GERAK	WAKTU
35.3	61.3	3.689	0	7/8/2024 11.21.21
35.3	61.3	5.95	1	7/8/2024 10.31.54
35.3	61.3	5.95	1	7/8/2024 10.31.29
36.9	56.5	5.627	1	7/8/2024 08.36.22
36.9	56.5	5.627	1	7/8/2024 08.36.12
30	82.1	5.95	1	7/8/2024 15.39.36

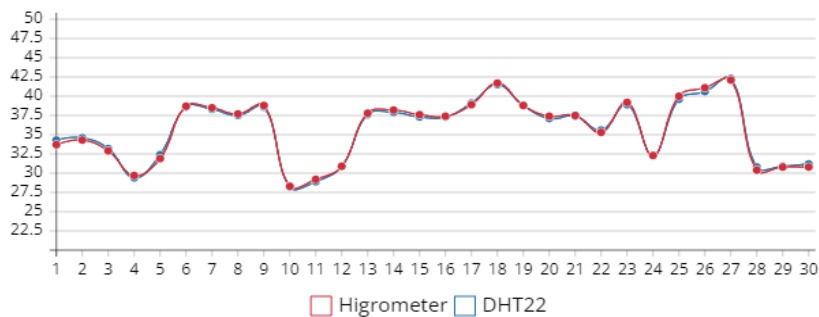
Gambar 3. Halaman Laporan Data

Pada halaman pengendalian, terdapat dua mode yang digunakan, yaitu mode manual dan otomatis. Mode manual on/off lampu 1, lampu 2, kipas 1, kipas 2, motor geser, pompa air dan sensor PIR dikendalikan oleh pengguna, sedangkan mode otomatis sistem yang mengambil alih kendali terhadap on/off lampu 1, lampu 2, kipas 1, kipas 2, motor geser dan pompa air berdasarkan batas nilai yang sudah ditentukan. Adapun halaman kendali dapat dilihat pada Gambar 4.



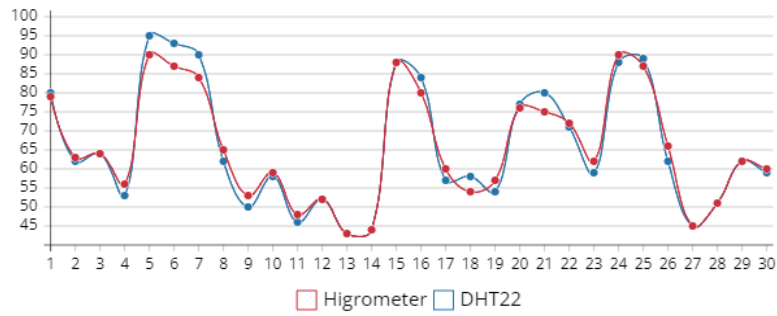
Gambar 4. Halaman Kendali

Pada halaman pengendalian, terdapat dua mode yang digunakan, yaitu mode manual dan otomatis. Mode manual on/off lampu, kipas, motor geser, pompa air dan sensor PIR dikendalikan oleh pengguna, sedangkan mode otomatis sistem yang mengambil alih kendali terhadap on/off lampu, kipas, motor geser dan pompa air berdasarkan batas nilai yang sudah ditentukan. Adapun halaman kendali dapat dilihat pada Gambar 10.



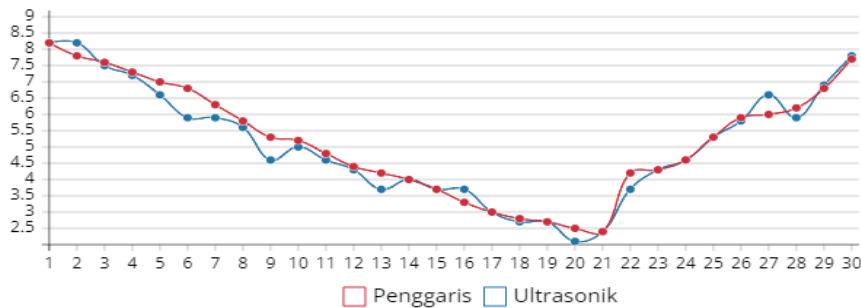
Gambar 4. Hasil Pembacaan Suhu

Pengujian sensor DHT22 juga dilakukan untuk mendeteksi kelembaban yang ada di dalam inkubator. Pengujian ini dilakukan sebanyak 30 kali dengan pengambilan data yang bervariasi. Data hasil pengukuran kelembaban oleh sensor DHT22 akan dibandingkan dengan alat ukur higrometer. Hasil dari pendeteksian kelembaban oleh sensor DHT22 dan higrometer dapat dilihat pada Gambar 12. Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa perbedaan nilai dari pembacaan kelembaban oleh sensor DHT22 dengan alat ukur higrometer tidak jauh berbeda. Hasil galat yang diperoleh oleh sensor DHT dalam mendeteksi kelembaban adalah sebesar 3.97%. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa sensor DHT22 bekerja dengan baik dalam melakukan pendeteksian kelembaban di dalam inkubator.



Gambar 5. Hasil Pembacaan Kelembaban

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan sebanyak 30 kali dengan jarak air yang bervariasi. Data hasil pengukuran jarak air oleh sensor ultrasonik akan dibandingkan dengan alat ukur penggaris, hasil dari pengukuran sensor ultrasonik dapat dilihat pada Gambar 13. Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa perbedaan nilai dari pengukuran jarak air oleh sensor ultrasonik dengan alat ukur penggaris tidak jauh berbeda. Hasil nilai galat yang diperoleh oleh sensor ultrasonik sebesar 5.15%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor ultrasonik bekerja dengan baik dalam melakukan pengukuran jarak air di dalam wadah inkubator.



Gambar 6. Hasil Pembacaan Jarak Air

Pengujian sensor PIR dilakukan sebanyak 30 kali dengan mendeteksi gerak objek yang ada di dalam inkubator. Pada pengujian sensor PIR dilakukan perhitungan waktu lama gerak sesungguhnya, lama gerak hasil pendeteksian sensor dan lama bunyi buzzer, serta informasi keterangan objek dan peringatan buzzer. Hasil dari pengujian sensor PIR dapat dilihat pada Tabel 2. Dari tabel tersebut terdapat kolom keadaan objek, peringatan buzzer, lama gerak pendeteksian sensor, lama gerak sesungguhnya, dan lama bunyi buzzer. Berdasarkan data pengujian sensor PIR dapat disimpulkan bahwa pembacaan gerak oleh sensor sangat baik karena dapat mendeteksi seluruh pergerakan yang ada di dalam inkubator. Adapun lama waktu rata-rata pendeteksian sensor, yaitu sebesar 13.286 detik, lama waktu rata-rata untuk gerak sesungguhnya sebesar 10.70 detik dan lama bunyi buzzer sebesar 13.501 detik.

Tabel 2. Hasil Pendeteksian Sensor PIR

No	Keadaan objek	Peringatan buzzer	Lama gerak hasil pendeteksian sensor (detik)	Lama gerak sesungguhnya (detik)	Lama bunyi buzzer (detik)
1	Bergerak	Berbunyi	7.76	8.24	8.85
2	Bergerak	Berbunyi	2.52	3.38	2.74
3	Bergerak	Berbunyi	5.67	4.63	5.81
4	Bergerak	Berbunyi	6.88	4.87	7.12
5	Bergerak	Berbunyi	15.19	10.43	15.82
6	Bergerak	Berbunyi	20.21	14.73	20.48
7	Bergerak	Berbunyi	16.74	12.35	16.95
8	Bergerak	Berbunyi	8.06	4.37	8.53
9	Bergerak	Berbunyi	9.23	6.68	9.54
10	Bergerak	Berbunyi	11.08	6.34	11.76
11	Bergerak	Berbunyi	19.89	14.99	20.36
12	Bergerak	Berbunyi	18.37	9.96	18.49
13	Bergerak	Berbunyi	9.45	4.96	9.65
14	Bergerak	Berbunyi	5.59	5.53	5.76
15	Bergerak	Berbunyi	23.17	16.37	23.67
16	Bergerak	Berbunyi	25.28	18.32	25.33



No	Keadaan objek	Peringatan buzzer	Lama gerak hasil pendeteksian sensor (detik)	Lama gerak sesungguhnya (detik)	Lama bunyi buzzer (detik)
17	Bergerak	Berbunyi	9.34	5.32	9.39
18	Bergerak	Berbunyi	7.35	5.28	7.40
19	Bergerak	Berbunyi	27.15	19.89	27.22
20	Bergerak	Berbunyi	23.32	18.56	23.41
21	Bergerak	Berbunyi	20.52	16.36	20.62
22	Bergerak	Berbunyi	6.43	5.26	6.43
23	Bergerak	Berbunyi	20.07	17.38	20.07
24	Bergerak	Berbunyi	4.17	3.93	4.23
25	Bergerak	Berbunyi	16.34	14.67	16.39
26	Bergerak	Berbunyi	7.84	5.69	7.93
27	Bergerak	Berbunyi	19.86	17.31	19.89
28	Bergerak	Berbunyi	7.32	5.11	7.34
29	Bergerak	Berbunyi	5.19	3.98	5.21
30	Bergerak	Berbunyi	18.59	17.21	18.65
	Rata-rata		13.286	10.70	13.50133

Setelah melakukan pengujian terhadap sensor, dilanjutkan dengan pengujian keseluruhan sistem. Pengujian keseluruhan sistem memiliki tujuan untuk mengetahui kesesuaian fungsi dari sistem dengan mengoperasikan sistem secara keseluruhan. Pengujian keseluruhan sistem dilakukan sebanyak 10 kali pada waktu yang berbeda sehingga mendapatkan hasil yang bervariasi. Pada pengujian keseluruhan sistem dibagi menjadi dua, yaitu pengujian pertama adalah pengujian keseluruhan sistem untuk suhu dan kelembaban, pengujian kedua adalah pengujian keseluruhan sistem untuk jarak dan gerak. Pada saat suhu ≤ 37 dan ≥ 65 , maka lampu akan menyala dan kipas mati. Pada saat suhu ≥ 39 dan kelembaban ≤ 55 maka sistem akan mematikan lampu dan menghidupkan kipas sesuai dengan kondisi suhu dan kelembaban yang ada di dalam inkubator. Adapun pengujian keseluruhan sistem untuk suhu dan kelembaban dapat dilihat pada Tabel 3. Data dari tabel tersebut terdapat kolom keterangan jam, suhu, higrometer untuk suhu, galat absolut untuk suhu, galat relatif untuk suhu, lembab, higrometer untuk kelembaban, galat absolut untuk kelembaban, galat relatif untuk kelembaban, keterangan lampu 1 dan lampu 2. Adapun nilai rata-rata galat untuk suhu sebesar 0.87% dan nilai rata-rata kelembaban sebesar 3.91%. Berdasarkan nilai rata-rata tersebut dapat disimpulkan bahwa pembacaan suhu dan kelembaban yang dilakukan sensor DHT22 sangat baik.

Tabel 3. Hasil Pengujian Keseluruhan sistem untuk Suhu dan Kelembaban

No	Jam	Suhu	Higro meter	Galat Absolut	Galat Relatif	Lem bab	Higro meter	Galat Absolut	Galat Relatif	Lampu 1 dan 2	Kipas 1 dan 2
1	20.40	31.9	31.8	0.1	0.3144	89	87	2	2.2988	menyala	mati
2	04.30	29.4	29.7	0.3	1.0101	93	87	4	4.5977	menyala	mati
3	09.00	27.2	27.8	0.6	2.1582	96	90	4	4.4444	menyala	mati
4	12.00	40.1	40.5	0.4	0.9876	51	53	2	3.7735	mati	hidup
5	17.00	38.5	38.8	0.3	0.7731	61	64	3	4.6875	mati	mati
6	21.36	28.2	28.3	0.1	0.3533	90	84	6	7.1428	menyala	mati
7	05.45	30.1	30.5	0.4	1.3114	83	80	3	3.75	menyala	mati
8	09.39	35.0	34.7	0.3	0.8645	78	77	1	1.2987	menyala	mati
9	13.58	40.1	40.4	0.3	0.7425	52	55	3	5.4545	mati	hidup
10	18.09	38	38.1	0.1	0.2624	59	60	1	1.6666	mati	mati
	Total Galat			2.9	8.7781		Total Galat		39.114		
	Rata-rata			0.29	0.8778		Rata-rata		3.9114		

Pengujian keseluruhan sistem untuk jarak dan gerak dilakukan 10 kali dengan pengambilan data pada waktu yang berbeda sehingga menghasilkan data yang bervariasi. Pada saat jarak ≥ 5 cm maka pompa akan hidup dan mengisi air pada wadah yang ada di dalam inkubator, kemudian jika jarak < 5 cm maka pompa air akan mati. Selanjutnya pada pendeteksian gerak telur bebek yang menetas, sensor PIR akan mendeteksi adanya gerakan di dalam inkubator, dan sistem akan mengaktifkan buzzer, sehingga buzzer akan memberikan peringatan berupa bunyi. Jika tidak ada gerakan yang terdeteksi oleh sensor, maka buzzer akan mati. Sistem juga melakukan kendali terhadap hidup dan mati motor geser dalam melakukan pembalikan posisi telur. Telur bebek akan dibalik 5 kali dalam sehari, yaitu setiap 4 jam 48 menit, hal ini bertujuan agar telur bebek dapat menerima suhu dan kelembaban yang merata. Adapun hasil pengujian keseluruhan sistem untuk jarak dan gerak dapat dilihat pada Tabel 4. Pengujian keseluruhan sistem untuk jarak dan gerak mendapatkan nilai rata-rata galat sebesar 4.95% untuk jarak dan pada pendeteksian gerak sistem dapat mendeteksi seluruh gerak yang ada di dalam inkubator dengan baik.



Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem dapat melakukan pemantauan dan pengendalian dengan baik terhadap jarak dan gerak serta pembalikan posisi telur.

Tabel 4. Hasil Pengujian Keseluruhan sistem untuk Jarak dan Gerak

No	Jam	Jarak	Penggaris	Galat Absolut	Galat Relatif	Objek	Buzzer	Motor geser	Pompa air
1	20.40	7.8	7.7	0.1	1.298701	diam	mati	mati	hidup
2	04.30	3	3	0	0	diam	mati	mati	mati
3	09.00	2.1	2.5	0.4	16	diam	mati	mati	mati
4	12.00	3.7	3.3	0.4	12.12121	bergerak	berbunyi	hidup	mati
5	17.00	4.3	4.6	0.3	6.521793	diam	mati	mati	mati
6	21.36	4.6	4.7	0.1	2.12766	diam	mati	hidup	mati
7	05.45	4.8	5	0.2	4	bergerak	berbunyi	mati	mati
8	09.39	5.6	5.8	0.2	3.448276	diam	mati	mati	hidup
9	13.58	3.6	3.7	0.1	2.702703	diam	mati	mati	mati
10	18.09	7.2	7.3	0.1	1.369863	diam	mati	hidup	mati
Total Galat				1.9	49.59015				
Rata-rata				0.19	4.959015				

4. KESIMPULAN

Sistem kendali dan pemantauan inkubator berbasis Internet of Things dapat melakukan pengeraman dengan baik. Berdasarkan hasil dari pengujian keseluruhan sistem, kesimpulan yang dapat diambil dari implementasi sistem terhadap kendali dan pemantauan inkubator pada penetasan telur bebek, yaitu sistem dapat menjaga lingkungan penetasan telur di dalam inkubator berdasarkan parameter ideal tanpa harus dipantau langsung oleh peternak. Sistem dapat dikendalikan secara otomatis dan manual melalui website sehingga lebih fleksibel. Hasil dari penetasan telur bebek oleh sistem, yaitu dapat menetas 10 telur bebek fertil dalam waktu 29 sampai 30 hari, dengan kondisi anak bebek dalam keadaan sehat dan tidak ada yang cacat.

REFERENCES

- [1] R. Fitriani dan T. Suryaningsih, "Upaya Warga dalam Meningkatkan Pendapatan Rumah Tangga Melalui Usaha Ternak Bebek Pedaging Dusun Jigang," *J. Creat. Student Res.*, vol. 1, no. 4, hal. 385–394, 2023, doi: <https://doi.org/10.55606/jcsrpolitama.v1i4.2324>.
- [2] F. Sugara, Karsid, dan B. Khoerun, "Mesin Penetas Telur Bebek Otomatis Berbasis Arduino Uno," *J. Rekayasa Energi*, vol. 2, no. 1, hal. 50–56, 2023, doi: 10.31884/jre.v2i1.31.
- [3] M. R. Wirajaya, S. Abdussamad, dan I. Z. Nasibu, "Rancang Bangun Mesin Penetas Telur Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 1, hal. 24–29, 2020, doi: 10.37905/jjee.v2i1.4579.
- [4] Y. Apriliansah, E. Kurniawan, dan R. I. Vidyastari, "View of Rancang Bangun Alat Deteksi Fertilitas Telur Unggas Berbasis Image Processing," *Digit. Transform. Technol.*, vol. 3, no. 1, hal. 270–278, 2023.
- [5] W. Arrofiq dan A. Samsudin, "Increasing The Productivity Of Duck Farmers Through The Provision Of Egg Incubator Machines With A Monitoring System In Nglebak Village, Barend District, Jombang Regency," *J. Pelayanan Hub. Masy.*, vol. 1, no. 3, hal. 91–95, 2023.
- [6] Garno, Suparno, A. Jamaludin, A. Voutama, dan J. Indra, "Implementasi Teknologi alat Penetas dan Teropong Otomatis Untuk Meningkatkan Daya Tetas Telur Bebek di UKM Beki Kerawang," vol. 5, hal. 3504–3513, 2022.
- [7] M. Iqbal dan O. Candra, "Rancang Bangun Alat Incubator Telur Otomatis Berbasis Internet Of Things (IOT) Menggunakan Wemos D1 R1," *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 4, no. 2, hal. 665–674, 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i2.434.
- [8] W. Wendanto, O. B. Prasetyo, D. R. Praweda, dan A. Rys Kusuma Arbi, "Alat Pengontrolan Suhu Penetas Telur Otomatis Menggunakan ESP8266 Wemos D1 Mini Berbasis Internet of Things," *Go Infotech J. Ilm. STMIK AUB*, vol. 27, no. 2, hal. 167–176, 2021, doi: 10.36309/goi.v27i2.154.
- [9] K. A. Prasetya, Y. Sumaryana, dan A. Sudiarjo, "Sistem Monitoring Temperatur Pada Inkubator Penetas Telur Bebek Menggunakan Modul Nodemcu 8266 Yang Terintegrasi Dengan Aplikasi Blynk," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 2, hal. 1154–1162, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i2.4146.
- [10] H. Nirwana, M. F. Raharjo, F. Pangerang, Zein, dan Syahrir, "Monitoring Kinerja Mesin Tetas Otomatis Berbasis Internet of Things," *J. Teknol. Elekterika*, vol. 19, no. 1, hal. 37–42, 2022, doi: 10.31963/elekterika.v6i1.3501.
- [11] M. Yasir, M. M. M. I. T. Ibrahim, dan M. Faisal, "Uji Kinerja Alat Penetas Telur Dengan Kapasitas 30 Butir Telur Bebek," *J. Ristech (Jurnal Riset, Sains dan Teknol.)*, vol. 4, no. 1, hal. 39–44, 2023.
- [12] Hamdi, I. Ruslianto, dan Suhardi, "Sistem Pemantauan dan Pengontrolan pada Rumah Budi Daya Burung Walet Berbasis Internet of Things," *Komput. dan Apl.*, vol. 10, no. 2, hal. 320–331, 2022.
- [13] F. Puspasari, T. P. Satya, U. Y. Oktiawati, I. Fahrurrozi, dan H. Prisyanti, "Analisis Akurasi Sistem sensor DHT22 berbasis Arduino terhadap Thermohyrometer Standar," *J. Fis. dan Apl.*, vol. 16, no. 1, hal. 40–45, 2020, doi: 10.12962/j24604682.v16i1.5776.
- [14] Saharman, F. A. Setyaningsih, dan S. Suhardi, "Monitoring Dan Kontrol Pemberian Pakan Dan Minum Pada Peternakan



- Burung Puyuh Berbasis Internet of Things,” Coding J. Komput. dan Apl., vol. 10, no. 02, hal. 310–319, 2022, doi: 10.26418/coding.v10i02.55804.
- [15] Ruuhwan, R. Rizal, dan R. Kurniawan, “Pendeteksi Gerakan Menggunakan Sensor PIR untuk Sistem Keamanan di Ruang Kamar Berbasis SMS,” J. Inform. Univ. Pamulang, vol. 5, no. 3, hal. 281–287, 2020, doi: 10.32493/informatika.v5i3.5706.
- [16] S. Fuadi dan O. Candra, “Prototype Alat Penyiram Tanaman Otomatis dengan Sensor Kelembaban dan Suhu Berbasis Arduino,” JTEIN J. Tek. Elektro Indones., vol. 1, no. 1, hal. 21–25, 2020, doi: 10.24036/jtein.v1i1.12.
- [17] A. Pratama, S. Bahri, dan S. Suhardi, “Sistem Pemantauan Dan Pengontrolan Pada Tanaman Sawi Dan Ikan Nila Untuk Pola Cocok Tanam Akuaponik Berbasis Iot,” Coding J. Komput. dan Apl., vol. 10, no. 02, hal. 298, 2022, doi: 10.26418/coding.v10i02.55722.
- [18] F. Husnayain, D. S. Himawan, A. R. Utomo, I. M. Ardita, dan B. Sudiarto, “Analisis Perbandingan Kinerja Lampu LED, CFL, dan Pijar pada Sistem Penerangan Kantor,” Cyclotron, vol. 6, no. 01, hal. 78–83, 2023.
- [19] A. C. Lubis, H. Satria, M. F. Alayubby, R. M. Putri, dan C. R. Triana, “Efisiensi Perbandingan Teknologi Mesin Inkubator Penetas Telur Unggas Otomatis Menggunakan Synchronous Motor AC dengan Sistem Manual,” Semin. Nas. Penelit. LPPM UMJ, hal. 1–6, 2021.
- [20] M. I. Febryanto, “Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Impeller Terhadap Kecepatan Aliran Air pada Pompa Arus DC Bertenaga Photovoltaic untuk sistem Water Heater Berskala Rumah Tangga,” Inst. Teknol. Nas. Malang, hal. 1–10, 2020.
- [21] H. Al Fani, Sumarno, Jalaluddin, D. Hartama, dan I. Gunawan, “Perancangan Alat Monitoring Pendeteksi Suara di Ruang Bayi RS Vita Insani Berbasis Arduino Menggunakan Buzzer,” J. Media Inform. Budidarma, vol. 4, no. 1, hal. 144–149, 2020, doi: 10.30865/mib.v4i1.1750.
- [22] R. Fahrezi, R. R. Yuliendi, dan Yandri, “Prototype Alat Sensor Jarak Aman Parkir Mobil Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino,” J. Inform. SIMANTIK, vol. 4, no. 1, hal. 44–51, 2023.
- [23] J. S. Saputra dan Siswanto, “Prototype Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Kandang ayam Broiler Berbasis Internet of Things,” vol. 7, no. 1, hal. 72–83, 2020.
- [24] R. F. Purnomo, O. W. Purbo, dan R. A. Aziz, *Firestore Membangun Aplikasi Berbasis Android*. Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2020.
- [25] A. H. Suryana, T. T. dan Suryaningrat, *C++, PHP dan Java Pada Metode Numerik*. Purbalingga: CV. Eureka Media Aksara, 2024.