

# Rancang Bangun Alat Incubator Telur Otomatis Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Wemos D1 R1

Muhammad Iqbal<sup>1\*</sup>, Oriza Candra<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Departemen Teknik Elektro Universitas Negeri Padang

<sup>\*</sup>Corresponding author, email: [mmmadiqbal@gmail.com](mailto:mmmadiqbal@gmail.com)

## Abstrak

Penggunaan mesin penetas telur atau disebut juga mesin penetas telur otonom berbasis IoT merupakan salah satu pemanfaatan teknologi pada masa revolusi industri keempat di bidang peternakan. Karena perangkat IoT selalu terhubung ke Internet, mereka dapat diakses dan digunakan kapanpun dan dimanapun mereka berada. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari seberapa baik sensor gerak PIR bekerja pada inkubator IoT, sehingga peternak unggas dapat mengecek inkubatornya dari jauh. Temuan investigasi ini menunjukkan bahwa pembacaan suhu inkubator bervariasi sebesar 0,3 C hingga 0,4 C bila dibandingkan dengan pembanding, dan pembacaan kelembaban berbeda sebesar 0,1% hingga 1,0% bila dibandingkan dengan pembanding. Sensor PIR dapat menangkap gerakan apa pun di dalam inkubator. Perangkat yang diproduksi dapat dipanaskan atau didinginkan hingga kisaran 36 hingga 38 derajat Celcius yang ditentukan. Ketika kelembaban relatif turun di bawah 55% atau naik lebih dari 60%, gadget dapat mengirimkan pemberitahuan. Antarmuka online menampilkan informasi yang sama dengan layar LCD pada inkubator. Dalam penelitian ini, 83,3% telur hidup berhasil menetas, sedangkan 16,7% tidak berhasil menetas. Inkubator IoT yang digunakan dalam analisis ini menelan biaya bahan sebesar Rp 575.000. Biaya listrik untuk menetas satu telur ayam di inkubator ini adalah Rp 804.

## Abstract

*The Fourth Industrial Revolution is here., automated egg hatching incubators, also known as egg hatching machines, are used in the field of animal husbandry. Since IoT devices are always online, users may access and utilize them whenever and wherever they like. This study aims to evaluate the performance of a PIR motion detector in an incubator, so that IoT incubators may be built to allow poultry producers keep tabs on incubator conditions no matter where they are. The result of this study was the difference in temperature readings in incubators with comparison devices of 0.3 °C to 0.4 °C while the difference in humidity readings with comparison devices was 0.1% to 1.0%. The installed PIR sensor is capable of detecting motion inside the incubator. The tool made can adjust the temperature with the temperature setpoint that has been given, which is 36 °C to 38 °C. The tool can respond in the form of notifications when humidity is below the 55% setpoint and above the 60% setpoint. The information on the web interface shows the same data as on the incubator's LCD screen. The percentage of fertile eggs hatched in this study was 83.3% and the failure was 16.7%. The cost of materials incurred to make an IoT incubator in this study amounted to Rp. 575,000. To hatch 1 chicken egg in this incubator, it costs Rp. 804 to pay for electricity.*

## INFO.

### Info. Artikel:

No. 434

Received. July, 31, 2023

Revised. August, 8, 2023

Accepted. August, 14, 2023

Page. 665 - 674

### Kata kunci:

- ✓ Incubator
- ✓ Internet Of Things (IOT)
- ✓ Wemos D1 R1

## PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi yang pesat telah dicapai di banyak negara, termasuk Indonesia, pada periode revolusi industri keempat ini. Banyak kemajuan teknis modern berkontribusi pada perluasan era informasi. Ekspansi yang cepat dari industri telekomunikasi, yang dilambangkan dengan munculnya internet, telah dihasilkan dari kemajuan teknologi jaringan komputer, adapun salah satu penerapan internet dan komputer dapat diterapkan dibidang industri peternakan contohnya dalam proses penetasan telur dan inkubasi.

Inkubator penetas telur otomatis digunakan untuk memudahkan setiap pekerjaan peternak dalam pengembangbiakan unggas-unggas seperti ayam, bebek, dan yang lainnya. Dengan memanfaatkan fungsi sensor suhu, maka para peternak dapat menjalankan fungsi dari inkubator penetas telur otomatis. Sehingga dapat mempermudah pekerjaan para peternak dan dapat membantu para peternak menghasilkan unggas-unggas yang berkualitas. Adapun tujuan dari pembuatan alat penetas telur otomatis tersebut yang dapat terhubung ke internet dan mengirim database ke pengguna, bertujuan agar mempermudah peternak dalam mengolah penetasan telur, membantu peternak dan pembudidaya untuk memantau proses penetasan, dalam upaya pembuatan alat ini diharapkan bisa menjadi inovasi dibidang perternakan di era industri 4.0[1].

Kontrol otomatis telah memegang peranan yang sangat penting dalam perkembangan ilmu dan teknologi. Di samping sangat diperlukan pada pesawat ruang angkasa, peluru kendali, sistem pengendali pesawat, dan sebagainya. Kontrol otomatis telah menjadi bagian yang sangat penting dan terpadu dari proses-proses dalam pabrik dan industri modern. Misalnya kontrol otomatis perlu sekali dalam kontrol numeric dari mesin alat-alat bantu industri manufaktur. Ia juga perlu sekali dalam operasi industri seperti pengontrolan tekanan, suhu, kelembaban, viskositas, dan arus dalam industri proses[2].

Menurut C. Wangetal dalam jurnal Gunawan Hendro, salah satu pemanfaatan Perkembangan teknologi awal abad ke-20 Inkubator telur, juga dikenal sebagai inkubator telur otonom berbasis *Internet of Things (IoT)*, adalah contoh industri peternakan sapi 4.0.[3][4] Meskipun pengumpulan data mentah yang akurat sangat penting untuk keberhasilan setiap proyek *Internet of Things*, analisis dan pemrosesan data tersebut menjadi wawasan yang dapat ditindaklanjuti memiliki signifikansi yang lebih besar. Perangkat IoT yang terus-menerus terhubung ke Internet memungkinkan akses dan penggunaan tanpa batas kapan pun dan dari lokasi mana pun .

Sebuah inkubator telur dasar, seperti dijelaskan oleh Rahayu Nengtya, dengan memprogram sensor suhu untuk mendeteksi suhu antara 37 dan 3 derajat Celcius, yang sesuai dengan suhu ayam asli. Tingkat perpindahan panas yang dihitung untuk konduksi dan konveksi masing-masing adalah 13,90 dan 13,75 Joule per detik.[2]

Adapun tujuan dari pembuatan alat penetas telur otomatis tersebut yang dapat terhubung ke internet dan mengirim database ke pengguna, bertujuan agar mempermudah peternak dalam mengolah penetasan telur, membantu peternak dan pembudidaya untuk memantau proses penetasan , dalam upaya pembuatan alat ini diharapkan bisa menjadi inovasi dibidang perternakan di era industri 4.0.[5]

Inkubasi adalah prosedur dimana telur yang telah dibuahi dijaga agar tetap hangat sehingga embrio di dalamnya dapat tumbuh secara normal hingga menetas. Jika peternak ayam tidak mampu memenuhi permintaan konsumen, maka akan menimbulkan masalah bagi akses masyarakat terhadap daging dan telur ayam. Ayam betina hanya bisa mengerami telurnya sendiri, hingga sekitar selusin. Peternak dapat meningkatkan hasil telur dan daya tetas dengan menggunakan inkubator, yang mengarah ke penetasan yang lebih sukses dan lebih sering. Daripada menghabiskan waktunya untuk mengerami telur, induk ayam mungkin memanfaatkan alat ini untuk siap bertelur lagi[6].

Agar telur menetas, inkubator ini meniru kondisi di mana mereka dierami oleh induknya. Termostat sering digunakan untuk menghangatkan telur secara otomatis di inkubator hingga tingkat yang diinginkan. Termostat kapsul dan termostat digital adalah dua varietas yang paling umum. Kapsul dalam termostat bekerja dengan mengembang sebagai respons terhadap panas, dan akhirnya menabrak sakelar yang mematikan pemanas (biasanya bola lampu). Pengempisan kapsul akan membuka sakelar, dan pemanas akan menyala kembali saat suhu menurun. Termostat digital, di sisi lain, menggunakan sensor untuk melakukan pengukuran suhu konstan dan menganalisis nilai tersebut untuk mengaktifkan atau menonaktifkan sistem pemanas inkubator sesuai kebutuhan[7][8].

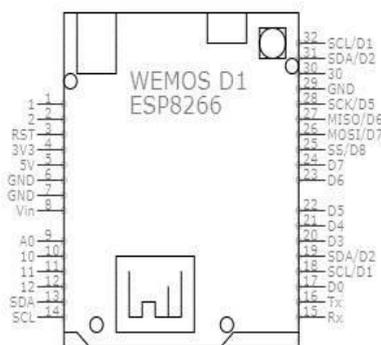
Alat yang dapat mengukur atau menunjukkan status atau kondisi lingkungan dikembangkan karena adanya kebutuhan untuk mengawasinya. Sebagai bagian dari penelitian ini, sebuah perangkat dikembangkan untuk mengkomunikasikan data hewan yang baru lahir di inkubator telur melalui internet, sehingga dinamai "*Internet of Things*" (IoT) [9].

### Inkubator Penetas Telur

Untuk menumbuhkan embrio dari telur ayam yang layak, inkubator digunakan untuk meniru kondisi di mana orang tua mengerami telurnya dengan mengendalikan faktor-faktor seperti suhu, kelembaban, ventilasi, dan rotasi. Inkubator berkisar dari model manual hingga semi-otomatis hingga model otomatis penuh. Ayam, kalkun, burung, dan bebek, antara lain, dapat dierami atau dibesarkan dalam jumlah besar dengan bantuan inkubator ini. Perangkat ini digunakan untuk menetas telur ayam yang hidup atau embrionik setelah dipindahkan dari sarang induk.[10][11]

#### Wemos D1 R1

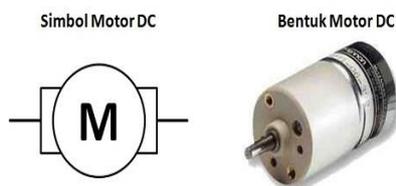
Mikrokontroler Wemos D1 R1 digunakan untuk membangun inkubator telur. Wemos adalah papan mikrokontroler yang berukuran hampir sama dengan Arduino Uno, dengan manfaat tambahan modul ESP atau WiFi untuk konektivitas nirkabel.



Gambar 1. Konfigurasi pin Mikrokontroler Wemos D1 R1

#### Motor Servo DC

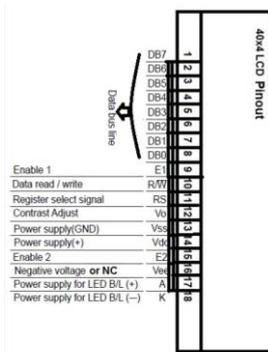
Motor servo listrik dapat memindahkan atau memutar item dengan sangat akurat. Motor DC adalah motor yang beroperasi dengan arus searah (DC), sedangkan motor AC adalah motor yang beroperasi dengan arus bolak-balik (AC). Dalam industri kelistrikan, motor DC digunakan hampir di mana-mana, sedangkan motor AC jarang terlihat.



Gambar 2. Simbol Motor DC (Direct Current)

#### LCD (Liquid Crystal Display)

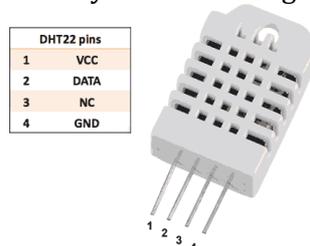
Informasi seperti suhu inkubator saat ini, kelembaban, dan pilihan menu untuk menyesuaikan lingkungan inkubator dengan bantuan tombol navigasi tertanam ditampilkan pada Inkubator memiliki layar tampilan kristal cair (LCD). Tampilan inkubator ini dapat masuk ke dalam 20 baris karakter dan 4 kolom karakter dari LCD 20x4.[12]



Gambar 3. Skema LCD 20x4

### Suhu dan Kelembapan dengan DHT 22

Sensor DHT 22 dapat digunakan untuk menyediakan data suhu dan kelembapan, dengan sinyal digital yang berasal dari sinyal analog yang diambil dari lingkungan. Mikrokontroler 8-bit memproses output sinyal digital dari DHT-22,[13] umumnya dikenal sebagai sensor suhu dan kelembapan AM2302.



Gambar 4. Bentuk Fisik Sensor DHT22

### Sensor PIR

Sensor *passive infrared (PIR)* adalah sejenis detektor radiasi. Karena tidak menghasilkan cahaya IR sendiri, sensor PIR bergantung sepenuhnya pada IR yang masuk dari lingkungan.[14]



Gambar 5. Bentuk Fisik Sensor PIR

### Bohlam Lampu

Filamen pada lampu pijar menerima arus listrik, menyebabkannya memanaskan, dan memancarkan cahaya sebagai produk sampingan.[15] Karena filamen panas tertutup kaca, filamen terlindung dari oksidasi oleh udara yang tidak dapat bersentuhan langsung dengannya. Pada tanggal 31 Desember 1879, Thomas Alva Edison menciptakan bola lampu pijar.



Gambar 6. Lampu Pijar

### Modul I2C

Kependekan dari "*Inter Integrated Circuit*," I2C adalah standar komunikasi serial yang mendukung transmisi data dua arah melalui dua saluran. Modul I2C beroperasi pada protokol komunikasi serial dengan dua saluran independen untuk mengirim dan menerima data. Dalam sistem I2C, saluran SCL (*Serial Clock*) dan SDA (*Serial Data*) bertanggung jawab untuk mengirim dan menerima sinyal antara I2C dan pengontrol.[16]



Gambar 7. Modul I2C

**Limit switch**

Posisi kontak terminal (dari Normal Buka/TIDAK ke Tutup atau sebaliknya, dari Tutup Normal/NC ke Buka) dari Limit Switch dikendalikan oleh tuas aktuator.



Gambar 8. Limit Switch

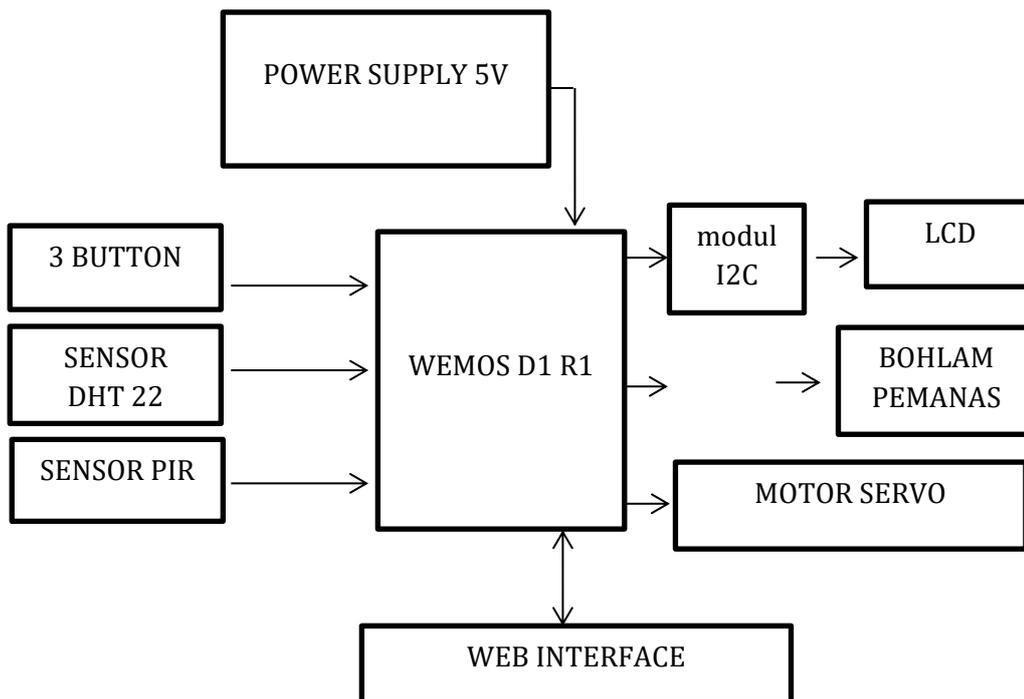
**Database**

Informasi yang disimpan dan dikelola secara terstruktur untuk keperluan pengambilan dan modifikasi dikenal sebagai database. Basis data firebase digunakan untuk membuat alat IoT ini. Firebase Google adalah solusi yang dirancang untuk merampingkan proses pembuatan aplikasi. Banyak fungsi tersedia di sistem ini, termasuk database real-time, autentikasi, penyimpanan, hosting, dan lainnya.

**METODE PENELITIAN**

Setiap komponen dari sistem alat yang direncanakan harus dirancang secara individual, dengan diagram blok dan desain sirkuit yang sesuai, sebelum seluruh sistem dapat dihubungkan.

**Blok diagram**



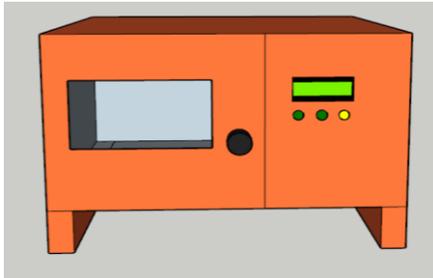
Gambar 9. Blok diagram keseluruhan

**Perancangan Hardware**

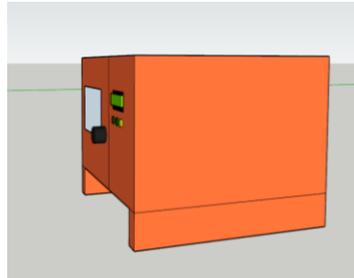
Perancangan *hardware* dilakukan untuk memudahkan serta mengurangi tingkat kesalahan agar mendapatkan hasil yang optimal dan memastikan apakah alat bekerja dengan baik atau tidak. perancangan *hardware* pada alat terdapat perancangan rangkaian elektronik. Berikut penjelasan dari masing masing rangkaian tersebut.

### Perancangan Sistem Mekanik

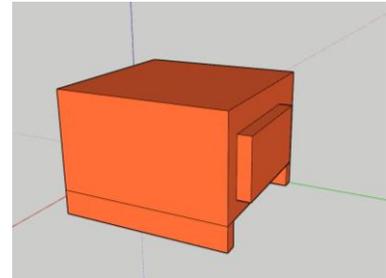
Perancangan *hardware* dilakukan untuk memudahkan serta mengurangi tingkat kesalahan agar mendapatkan hasil yang optimal dan memastikan apakah alat bekerja dengan baik atau tidak. perancangan *hardware* pada alat terdapat perancangan rangkaian elektronik. Berikut penjelasan dari masing masing rangkaian tersebut.



Gambar 10. Gambar Keseluruhan Alat



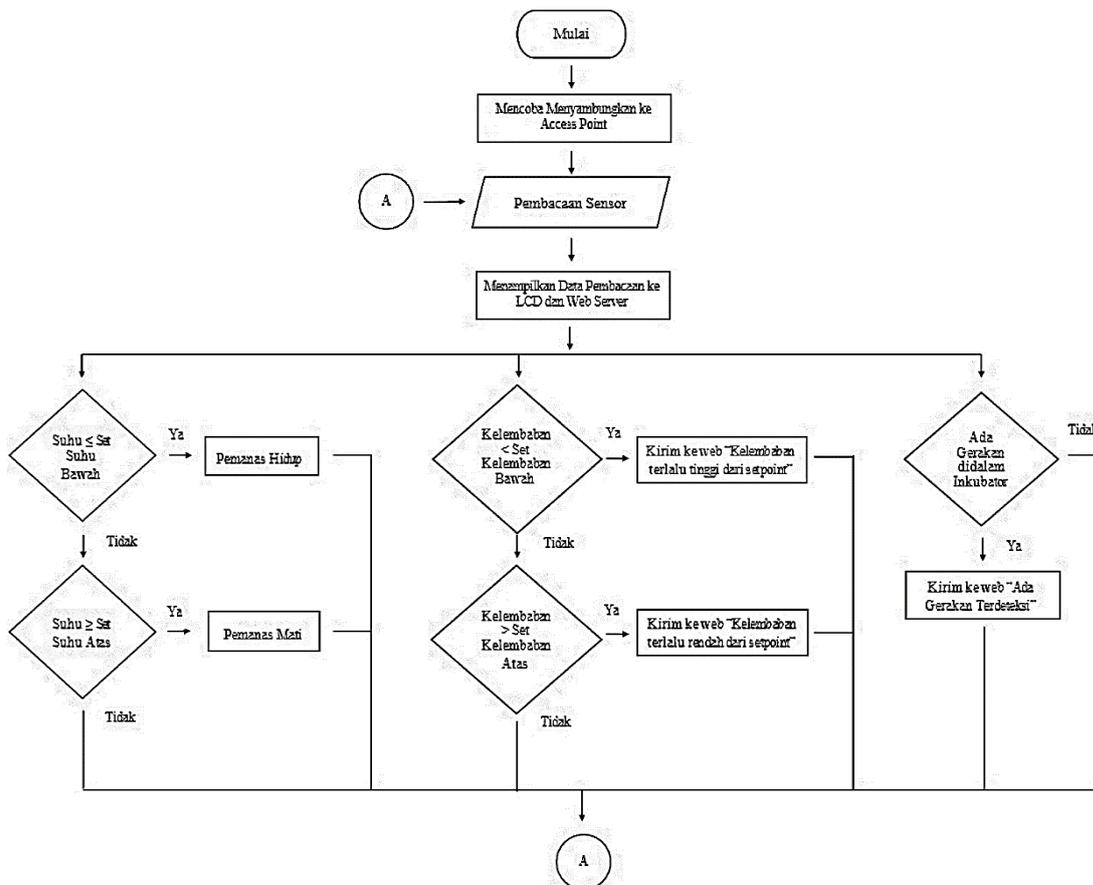
Gambar 11. Gambar Tampak Samping Keseluruhan alat



Gambar 12 . Gambar Tampak Belakang Keseluruhan alat

### Flowchart

Gambar 13. Flowchart



### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pembahasan ini kita akan menentukan apakah alat yang dibuat sesuai dengan tujuan atau tidak melalui temuan dan pembahasan ini. Berikut pengujian dari semua sensor dan rangkaian.

### 1. Pengujian Sensor DHT 22

Tujuan pengujian Sensor DHT 22 Untuk membaca suhu dan kelembapan, pada tabel berikut terdapat pengukuran menggunakan termometer dan higrometer seri UNI-T UT333 untuk mrnguji akurasi sensor.

**Tabel 1. Pembacaan Sensor DHT 22 dan UNI-T**

Data ke	Suhu				Kelembaban			
	DHT 22	Alat ukur UNI-T	Error	% Error	DHT 22	Alat ukur UNI-T	Error	% Error
1	37,2°C	37,5°C	0,3	0,80%	51,5%	52,5%	1	1,90%
2	37,1°C	37,4°C	0,3	0,80%	53,2%	54,3%	1,1	2,03%
3	37,0°C	37,4°C	0,4	1,07%	55,3%	55,8%	0,5	0,90%
4	37,1°C	37,5°C	0,4	1,07%	56,5%	56,4%	0,1	0,18%
5	37,2°C	37,6°C	0,4	1,06%	56,9%	56,6%	0,3	0,53%
6	37,2°C	37,6°C	0,4	1,06%	57,7%	57,0%	0,7	1,23%
7	37,4°C	37,7°C	0,3	0,80%	58,5%	57,5%	1	1,74%
8	37,5°C	37,8°C	0,3	0,79%	59,1%	57,7%	1,4	2,43%
9	37,5°C	37,9°C	0,4	1,06%	59,6%	58,3%	1,3	2,23%
10	37,6°C	38,0°C	0,4	1,05%	59,8%	58,3%	1,5	2,57%

Setiap pengukuran dilakukan sebanyak 10 kali, dan sensor DHT 22 ditempatkan di dalam inkubator telur. Pada uji coba pertama, selisih suhu antara kedua termometer berkisar antara 0,3 hingga 0,4 derajat Celcius (dengan rata-rata 0,36 derajat Celcius). Pengukuran kelembapan pada percobaan menunjukkan perbedaan mulai dari 0,1% RH (terendah) hingga 1,5% RH (tertinggi), dengan rata-rata 0,89%.

### 2. Pengujian Sensor PIR

Adapun tujuan pengujian sensor PIR bertujuan untuk mendeteksi adanya telur anakan yang sudah menetas berikut tabel pembacaan sensor PIR dibawah.

**Tabel 2. Pembacaan Sensor Gerak PIR**

Data ke	Keadaan Pintu	Anakan Bergerak	Hasil Pembacaan
1	Terbuka	Bergerak	Tidak terbaca
2	Terbuka	Bergerak	Tidak terbaca
3	Terbuka	Diam	Tidak terbaca
4	Terbuka	Bergerak	Tidak terbaca
5	Terbuka	Diam	Tidak terbaca
6	Tertutup	Bergerak	Terbaca
7	Tertutup	Diam	Tidak terbaca
8	Tertutup	Diam	Tidak terbaca
9	Tertutup	Bergerak	Terbaca
10	Tertutup	Bergerak	Terbaca

Sensor PIR mendeteksi gerakan selama pengamatan pertama dengan pintu tertutup, tetapi selama pengamatan berikutnya, sensor tidak mendeteksi adanya gerakan karena anak ayam tidak bergerak. Gerakan anak ayam memberi sinyal ke sensor bahwa aktivitas telah dilanjutkan di inkubator. Akibatnya, sensor PIR dapat digunakan dalam berbagai konteks deteksi gerak.

### 3. Pengujian respon terhadap suhu

Pemanas inkubator akan menyala jika suhu interior terlalu rendah, tetap menyala hingga titik setel yang lebih tinggi tercapai, pada titik mana ia akan mati hingga titik setel yang lebih rendah tercapai, dan seterusnya. Karena itu, kita dapat menyimpulkan bahwa termostat berbasis mikrokontroler yang digunakan dalam inkubator ini mencapai hasil yang diharapkan.

**Tabel 3. Respons Terhadap Suhu**

Data ke	Suhu Terbaca	Keadaan Pemanas	Data ke	Suhu Terbaca	Keadaan Pemanas
1	34,9°C	Hidup	11	37,4°C	Mati
2	35,2°C	Hidup	12	37,0°C	Mati
3	35,5°C	Hidup	13	36,6°C	Mati
4	35,9°C	Hidup	14	36,3°C	Mati
5	36,3°C	Hidup	15	36,0°C	Hidup
6	36,7°C	Hidup	16	36,4°C	Hidup
7	37,2°C	Hidup	17	36,9°C	Hidup
8	37,6°C	Hidup	18	37,4°C	Hidup
9	38,0°C	Mati	19	38,0°C	Mati
10	37,7°C	Mati	20	37,6°C	Mati

Dilakukan pengujian sebanyak sepuluh percobaan untuk melihat respon terhadap suhu dan dapat dilihat pada tabel diatas.

#### 4. Pengujian Respons Terhadap Kelembaban

Dengan mengeluarkan uap air yang terkandung di dalam inkubator, kelembapan dapat diturunkan ke tingkat yang diinginkan untuk pengamatan. Nilai kelembapan memicu peringatan bahwa terlalu rendah bila berada di bawah nilai ambang batas yang Anda pilih. Statistik 6-9 mengilustrasikan hal ini.

**Tabel 4. Respons Terhadap Kelembaban**

Data ke	Kelembaban yang Terbaca	Keadaan	Respons
1	64,5%	Pintu tertutup dan pemanas nyala	Ada pemberitahuan kelembaban terlalu tinggi
2	63,2%	Pintu tertutup dan pemanas nyala	Ada pemberitahuan kelembaban terlalu tinggi
3	58,6%	Pintu tertutup dan pemanas nyala	-
4	56,7%	Pintu tertutup dan pemanas nyala	-
5	55,2%	Pintu terbuka dan pemanas nyala	-
6	54,3%	Pintu terbuka dan pemanas nyala	Ada pemberitahuan kelembaban terlalu rendah
7	53,2%	Pintu terbuka dan pemanas nyala	Ada pemberitahuan kelembaban terlalu rendah
8	54,0%	Pintu tertutup dan pemanas nyala	Ada pemberitahuan kelembaban terlalu rendah
9	54,6%	Pintu tertutup dan pemanas nyala	Ada pemberitahuan kelembaban terlalu rendah
10	55,3%	Pintu tertutup dan pemanas nyala	-

Setelah pintu inkubator ditutup kembali, nilai kelembapan naik melebihi 55%, dan peringatan menghilang. Jika kelembapan di dalam inkubator menyimpang terlalu jauh dari nilai yang Anda masukkan, pesan peringatan akan muncul di layar LCD dan antarmuka online.

#### 5. Pembacaan Sensor ke LCD dan Web Interface

Tujuan utama dari penelitian ini telah terpenuhi karena hasil menunjukkan bahwa antarmuka web dan panel LCD menampilkan data yang identik. Alat penelitian seperti inkubator telur memiliki kemampuan pemantauan jarak jauh karena ketersediaan internet yang meluas.

**Tabel 5. Pembacaan di LCD dan Web Interface**

Data ke	LCD Inkubator			Web Interface		
	Suhu	Kelembaban	Notifikasi	Suhu	Kelembaban	Notifikasi
1	35,2°C	56,9%	-	35,2°C	56,9%	-
2	35,8°C	56,6%	-	35,8°C	56,6%	-
3	36,5°C	55,9%	-	36,5°C	55,9%	-
4	37,0°C	55,2%	-	37,0°C	55,2%	-
5	37,7°C	54,4%	"Kering!"	37,7°C	54,4%	"Kelembaban terlalu rendah dari setpoint"
6	38,0°C	53,8%	"Kering!"	38,0°C	53,8%	"Kelembaban terlalu rendah dari setpoint"
7	37,8°C	53,5%	"Kering!"	37,8°C	53,5%	"Kelembaban terlalu rendah dari setpoint"
8	37,6°C	53,8%	"Kering!"	37,6°C	53,8%	"Kelembaban terlalu rendah dari setpoint"
9	37,3°C	54,3%	"Kering!"	37,3°C	54,3%	"Kelembaban terlalu rendah dari setpoint"
10	37,1°C	55,0%	-	37,1°C	55,0%	-

Tujuan utama dari penelitian ini telah terpenuhi karena hasil menunjukkan bahwa antarmuka web dan panel LCD menampilkan data yang identik. Alat penelitian seperti inkubator telur memiliki kemampuan pemantauan jarak jauh karena ketersediaan internet yang meluas.

## 6. Uji Coba Menetaskan Telur

**Tabel 6. Hasil Uji Coba Menetaskan Telur**

No	Kondisi Telur	Hasil
1	Fertil	Menetas
2	Infertil	Tidak menetas
3	Fertil	Mati di dalam telur
4	Fertil	Menetas
5	Fertil	Menetas
6	Fertil	Menetas
7	Infertil	Tidak menetas
8	Fertil	Menetas
9	Infertil	Tidak menetas
10	Fertil	Menetas

Temuan dari percobaan di mana banyak telur dierami menunjukkan bahwa 83,3% berhasil menetas, sedangkan 16,7% tidak berhasil. Rumus yang diberikan di atas dapat digunakan untuk menghitung nilai persentase. Dimungkinkan untuk memanfaatkan inkubator untuk menetas telur yang layak dengan menyediakan lingkungan yang mirip dengan tempat telur dibawa dan dipelihara oleh induknya.

## 7. Anggaran Rincian Biaya

Sekitar dua puluh satu bahan berbeda digunakan dalam pembuatan inkubator IoT ini. Komponen kotak inkubator dapat bervariasi dari kayu multipleks hingga komponen listrik untuk perangkat inkubator Internet of Things. Total biaya bahan yang dibutuhkan untuk membangun inkubator IoT bisa mencapai Rp 575.000.

Mesin penetas telur yang dibangun untuk penelitian ini menggunakan sekitar 25 Watt listrik setiap hari, yang setara dengan 0,6 kWh. Daya yang dibutuhkan untuk menjalankan inkubator selama 21 hari penuh yang dibutuhkan telur ayam untuk menetas adalah sekitar 12,6 kWh. Misalnya, dengan

biaya Rp 1.467 per kilowatt-jam (kWh), menjalankan inkubator selama 21 hari akan menghabiskan biaya Rp 18.484.

Inkubator Internet of Things ini dapat menampung hingga dua puluh delapan telur ayam. Dengan keberhasilan penetasan rata-rata 83,3% yaitu sekitar 23 telur. Satu butir telur ayam dalam inkubator yang dibangun akan menelan biaya listrik sebesar Rp 804, menurut beberapa perkiraan. Biaya ini didasarkan pada jumlah maksimum telur yang dapat menetas dalam jangka waktu 21 hari dibagi dengan biaya listrik untuk inkubasi selama waktu tersebut.

## KESIMPULAN

Komparator kelembaban menunjukkan kisaran 0,1% hingga 1,0% lebih banyak atau lebih sedikit kelembaban daripada inkubator, sedangkan perbedaan suhu antara 0,3 dan 0,4 derajat Celcius. Sensor PIR dapat menangkap gerakan apa pun di dalam inkubator. Perangkat yang diproduksi dapat dipanaskan atau didinginkan hingga kisaran 36 hingga 38 derajat Celcius yang ditentukan. Ketika kelembaban relatif turun di bawah 55% atau naik lebih dari 60%, gadget dapat mengirimkan pemberitahuan. Antarmuka online menampilkan informasi yang sama dengan layar LCD pada inkubator. Dalam penelitian ini, 83,3% telur hidup berhasil menetas, sedangkan 16,7% tidak berhasil menetas. Inkubator IoT yang digunakan dalam analisis ini menelan biaya bahan sebesar Rp 575.000. Biaya listrik untuk menetas satu telur ayam di inkubator ini adalah Rp 804.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. H. Rahim, A. M. Rumagit, and A. S. M. Lumentara, "Rancang Bangun Alat Penetas Telur Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATmega8535," *E-Journal Tek. Elektro dan Komput.*, pp. 2301–8402, 2015.
- [2] A. Rahayuningtyas, M. Furqon, and T. Santoso, "Rancang Bangun Alat Penetas Telur Deerhana Menggunakan Sensor Suhu dan Penggerak Rak Otomatis," *Pros. Semin. Nas. Penelit. dan PKM Sains, Teknol. dan Kesehat.*, vol. 4, no. 1, pp. 245–252, 2014, [Online]. Available: [http://proceeding.unisba.ac.id/index.php/sains\\_teknologi/article/view/595](http://proceeding.unisba.ac.id/index.php/sains_teknologi/article/view/595)
- [3] J. Mardalena, "Rancang Bangun Sistem Penyiram Tanaman Cabe Merah Menggunakan Perangkat Mobile Berbasis Internet of Things P - ISSN : 2302-3295," *ejournal.unp.ac.id*, vol. 9, no. 3, 2021.
- [4] G. H. Cahyono, "Internetofthings(Sejarah,Teknologi Dan Penerapannya)," *Forum Teknol.*, vol. 6, no. 3, pp. 35–36, 2016.
- [5] M. T. Tamam, A. J. Taufiq, and G. P. B., "Design Chicken Egg Incubator Device Based on Microcontroller," *Techno*, vol. 11, no. 2, pp. 81–83, 2010.
- [6] D. A. N. Inkubator and D. I. Kabupaten, "<http://jiat.ub.ac.id>," *http://jiat.ub.ac.id*, vol. 22, no. 1, p. 17, 2017.
- [7] D. Supriyono, "Rancang Bangun Pengontrol Suhu dan Kelembaban Udara Pada Penetas Telur Ayam Berbasis Arduino Mega 2560 Dilengkapi UPS," *eprints.ums.ac.id*, p. 12, 2014.
- [8] M. Badli, H. Peng, S. Wahab, M. Faiz, and M. Zin, "Egg Hatching Incubator Using Conveyor Rotation System," *Procedia Manuf.*, vol. 2, no. February, pp. 527–531, 2015, doi: 10.1016/j.promfg.2015.07.091.
- [9] F. Nurpandi and A. P. Sanjaya, "Inkubator Penetasan Telur Ayam Berbasis Arduino," *Media J. Inform.*, vol. 9, no. 2, pp. 66–77, 2017, [Online]. Available: <https://jurnal.unsur.ac.id/mjinformatika/article/view/449>
- [10] Kartika Yuli Triastuti et al, "Aplikasi pemantau suhu mesin penetas telur Bebrasis IOT Android," *Tek. Elektro*, vol. 03, no. 2, pp. 686–692, 2018.
- [11] U. A. B and M. S. Adamu, "Construction of an Electrically-Operated Egg Incubator," *Int. J. Mod. Eng. Sci. J. homepage www.ModernScientificPress.com*, vol. 5, no. 1, pp. 1–18, 2016, [Online]. Available: [www.ModernScientificPress.com/Journals/IJMES.aspx](http://www.ModernScientificPress.com/Journals/IJMES.aspx)
- [12] D. Jufri, Darwison, B. Rahmadya, and Derisma, "Implementasi Mesin Penetas Telur Ayam Otomatis," *Tinf-012*, no. November, pp. 1–6, 2015.
- [13] A. B. Laksono and A. Bachri, "Rancang Bangun Otomatisasi Mesin Penetas Telur Sistem Turning Berbasis Mikrokontroler Atmega 328," *J. Progr. Stud. Tek. Elektro JE-Unisla Ranc.*, pp. 6–9, 2017.
- [14] S. Komparatif and A. Avr, "Perbandingan Akurasi Pengukuran Suhu dan Kelembaban Antara Sensor DHT11 dan DHT22," *ejournal.st3telkom.ac.id*, vol. 06, no. 11, p. 2, 2014.
- [15] M. A. Tehfe et al., "New pyridinium salts as versatile compounds for dye sensitized photopolymerization," *Eur. Polym. J.*, vol. 49, no. 2, pp. 567–574, 2013, doi: 10.1016/j.eurpolymj.2012.10.010.
- [16] I. Nurhadi and E. Puspita, "Rancang Bangun Mesin Penetas Telur Omtomatis Berbasis Mikrokontroler ATmega8 Menggunakan Sensor SHT 11," *http://repo.pens.ac.id/630/*, 2009.