

PEMBUATAN MESIN PENETAS TELUR AYAM BERBASIS ARDUINO

Muh. Irwan Sudirman¹, Rinto Suppa², Muhlis Muhallim³

^{1,2,3} Teknik Informatika, Fakultas Teknik/Universitas Andi Djemma; Jl. Tandipau, Kota Palopo, Sulawesi Selatan;

Received: 12 Desember 2024

Accepted: 14 Januari 2025

Published: 20 Januari 2025

Keywords:

Mesin Penetas Telur
Otomatis, Arduino, Solar
Cell, Sensor DHT22

Correspondent Email:

irwansudirman6@gmail.com

Abstrak. Perkembangan teknologi yang pesat, yang memberikan kemudahan bagi masyarakat, khususnya peternak ayam. Penggunaan mesin penetas telur konvensional seringkali menghadapi kendala akibat pemadaman listrik, yang menyebabkan rendahnya tingkat keberhasilan penetasan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang mesin penetas telur ayam otomatis berbasis Arduino dengan sumber tenaga cadangan dari *solar cell*, guna meningkatkan produktivitas dan keberhasilan penetasan telur. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode prototipe, yang mencakup tahap perencanaan, desain, implementasi, dan evaluasi sistem. Alat yang digunakan meliputi Arduino Uno, sensor DHT22, RTC, motor sinkron, dan *solar cell* sebagai sumber tenaga cadangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mesin penetas telur otomatis ini mampu menjaga kestabilan suhu antara 37°C - 39°C dengan kelembaban relatif 60% - 70%, serta melakukan rotasi otomatis pada rak telur sesuai jadwal yang ditentukan dan mencapai tingkat daya tetas telur hingga 91.30%. Selain itu, penggunaan *solar cell* terbukti efektif dalam menjaga operasional mesin saat terjadi pemadaman listrik.

Abstract. The rapid development of technology has provided convenience to society, particularly for poultry farmers. The use of conventional egg incubators often faces challenges due to power outages, resulting in a low hatching success rate. Therefore, this research aims to design an automatic egg incubator based on Arduino with a backup power source from solar cells, in order to improve productivity and hatching success. The method used in this study is the prototype method, which includes the stages of planning, design, implementation, and system evaluation. The tools used include Arduino Uno, DHT22 sensor, RTC, synchronous motor, and solar cell as a backup power source. The results of the research show that this automatic egg incubator is able to maintain a stable temperature between 37°C - 39°C with a relative humidity of 60% - 70%, as well as perform automatic rotation of the egg rack according to the predetermined schedule, achieving a hatching success rate of up to 91.30%. In addition, the use of solar cells has proven effective in maintaining the incubator's operation during power outages.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang pesat saat ini memberikan banyak kemudahan bagi berbagai sektor, termasuk sektor peternakan ayam. Khususnya bagi usaha Peternakan Kiano yang membangun usaha peternakan ayam sebagai salah satu bentuk mata pencaharian.

Dalam usaha peternakan ayam, proses menetas telur ayam yang efektif dan efisien dapat diperoleh menggunakan sebuah mesin penetasan konvensional, bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dalam usaha peternakan ayam, namun mesin penetasan konvensional masih memiliki kendala

signifikan yaitu faktor sumber tenaga listrik yang digunakan, dikarenakan Peternakan Kiano berada di wilayah pedesaan yang terkadang mengalami pemadaman listrik. Hal ini dapat menyebabkan kurangnya tingkat keberhasilan menetasnya telur ayam dan mempengaruhi produktivitas Peternakan Kiano dalam menetas telur ayam.

Untuk mengatasi masalah ini, perlu adanya mesin penetas telur ayam yang dapat beroperasi dengan sumber tenaga listrik cadangan yang akan diperoleh dari *solar cell*. *Solar cell* merupakan sumber tenaga yang dapat diandalkan dan merupakan energi terbarukan yang memanfaatkan cahaya matahari, dengan memanfaatkan *solar cell* sebagai sumber tenaga cadangan, diharapkan agar mesin penetas konvensional yang dimiliki Peternakan Kiano dapat beroperasi secara terus menerus menstabilkan suhu yang ada di dalam mesin penetas walaupun terjadi pemadaman listrik.

Hal ini bertujuan untuk meningkatkan keberhasilan menetasnya telur ayam dan meningkatkan produktivitas usaha peternakan di Peternakan Kiano.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Telur Ayam

Telur ayam kampung merupakan salah satu makanan yang mempunyai kandungan nutrisi tinggi, dimana terdapat protein, mineral, lemak dan mineral yang sangat dibutuhkan oleh tubuh sehingga telur ayam kampung sangat diminati oleh masyarakat[1].

Telur merupakan hasil reproduksi unggas, terutama ayam. Telur yang dapat menetas adalah telur fertil, dimana telur tersebut sebelumnya adalah hasil pembuahan ovum oleh sperma pejantan. Proses pembentukan telur di mulai saat ovarium ayam betina melepaskan ovum dan sampai di oviduk untuk siap dibuahi[2].

2.1.1. Masa Penyimpanan Telur

Bobot telur, keadaan kulit telur, indeks telur serta usia telur adalah telur yang baik dan itu adalah cara untuk memeriksa telur yang baik. Tidak terlalu bulat dan tidak terlalu lonjong usia telur 7-10 hari ini merupakan telur yang baik untuk ditetaskan[3].

Faktor - faktor seperti bobot telur, umur telur, waktu penyimpanan 4-5 hari, dan kualitas

telur, termasuk kualitas induknya, memengaruhi tingkat keberhasilan penetasan telur ayam kampung[3].

2.1.2. Fertilitas

Fertilitas (kesuburan) dari suatu kelompok telur tetas adalah jumlah telur yang bertunas (fertil) dari sekian banyaknya telur yang dierami dan ditetaskan, dan dihitung dalam bentuk persentase[4].

Fertilitas merupakan persentase dari telur-telur yang memperlihatkan adanya perkembangan atau pertumbuhan embrio dari sejumlah telur yang akan ditetaskan tanpa memperhatikan telur tersebut menetas atau tidak[5].

$$\text{Fertilitas} = \frac{\text{Jumlah telur fertil}}{\text{Jumlah telur yang ditetaskan}} \times 100\%$$

2.1.3. Daya Tetas

Daya tetas adalah presentase jumlah telur yang menetas dari sejumlah telur yang fertil yang ditetaskan[4]. Daya tetas dapat digunakan sebagai parameter keberhasilan dari usaha penetasan telur ayam kampung. Semakin tinggi daya tetas yang diperoleh maka keuntungan usaha penetasan akan semakin tinggi[5].

$$\text{Daya tetas} = \frac{\text{Jumlah telur menetas}}{\text{Jumlah telur fertil}} \times 100\%$$

2.2. Mesin Penetas Telur

Mesin tetas awalnya merupakan sebuah ruang yang dimodifikasi agar tercapai suhu dan kelembaban yang ideal untuk penetasannya[6]. Mesin tetas merupakan pengganti panas yang ditimbulkan oleh eraman badan induk ayam dengan alat pemanas buatan[7].

2.2.1. Jenis Mesin Penetas Telur

Berdasarkan mekanisme gerak telurnya, mesin tetas dapat di bedakan menjadi tiga jenis, yaitu mesin tetas manual, semi otomatis dan *full* otomatis[8].

a. Mesin tetas manual

Mesin tetas manual biasanya dibuat secara sederhana menggunakan ember, wadah plastik bekas cat atau kardus yang diberi lampu dan nampan berisi air. Mesin jenis ini menuntut kedisiplinan dari operator, karena pembalikan telur dilakukan manual menggunakan tangan. Tentu saja apabila terjadi kealpaan jadwal pembalikan, daya tetas akan terpengaruh.

b. Mesin tetas semi otomatis

Mesin tetas jenis ini sudah dilengkapi dengan rak yang dapat diubah kemiringan

ke sisi berbeda, sehingga telur ikut berubah posisinya. Perubahan posisi rak dilakukan dengan cara memutar tuas. Mesin jenis ini juga menuntut kedisiplinan operator, karena tuas harus digerakkan secara manual.

c. Mesin tetas otomatis

Pada mesin tetas otomatis, rak telur sudah dapat berubah posisi tanpa bantuan operator. Rak pada mesin ini digerakkan oleh motor yang terhubung ke *timer*, sehingga jadwal perubahan posisi rak dapat diatur. Pola gerakan rak pun dapat diatur sesuai mekanisme *rolling*, geser ataupun goyang. Baik untuk kapasitas kecil, besar maupun industri

2.2.2. Syarat-Syarat Penetasan Telur

a. Suhu dan perkembangan embrio

Embrio merupakan benih yang dapat berkembang dengan cepat jika berada di tempat dan suhu yang sesuai dengan kebutuhan telur. Namun, jika suhunya tidak cocok, embrio dalam telur tersebut tidak akan berkembang dengan baik. Setiap jenis unggas membutuhkan suhu yang berbeda untuk proses penetasan, misalnya telur ayam memerlukan suhu antara 38-39,5°C[9].

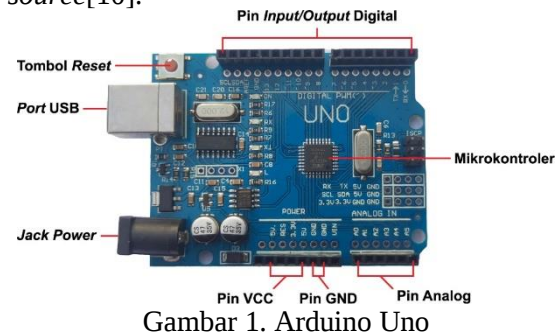
b. Kelembaban

Pada mesin penetas telur, kelembaban udara juga harus diperhatikan karena berperan penting dalam perkembangan telur. Setiap jenis telur memerlukan tingkat kelembaban yang berbeda, sehingga suhu dan kelembaban yang dibutuhkan tidak selalu sama untuk semua telur. Untuk telur unggas, kelembaban yang diperlukan sekitar 50% ke atas, dan menjelang penetasan, kelembaban perlu meningkat hingga lebih dari 60%[9].

2.3. Arduino

Arduino adalah *platform* komputasi fisik yang bersifat *open source*, berdasarkan rangkaian *input/output* sederhana dan lingkungan pengembangan yang mengimplementasikan bahasa pemrosesan. Arduino dapat digunakan untuk mengembangkan objek interaktif independen, atau dapat dihubungkan ke perangkat lunak di komputer (seperti *Flash*, Pemrosesan, VVVV, atau Max / MSP). Sirkuit dapat dirakit dengan

tangan atau dibeli. Arduino bersifat *open source*[10].



Gambar 1. Arduino Uno

2.4. Arduino IDE

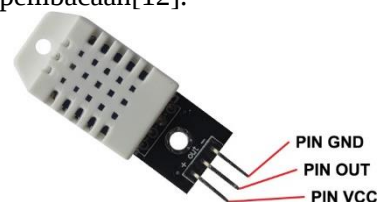
Integrated Development Environment (IDE) adalah perangkat lunak untuk menulis teks program yang dirancang khusus untuk Arduino dan perangkat sejenisnya. IDE ini mencakup *code editor*, *compiler* dan *uploader*. Selain memungkinkan penulisan kode secara manual, Arduino IDE juga menyediakan contoh program yang dapat dijadikan referensi. IDE ini cukup mudah digunakan karena mendukung bahasa pemrograman C/C++ yang umum digunakan[11].



Gambar 2. Arduino IDE

2.5. Sensor DHT22

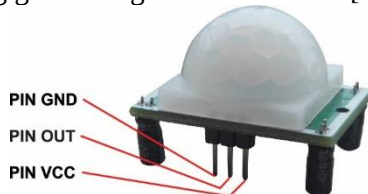
Sensor ini merupakan sensor yang berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembaban. Sensor ini menggunakan sensor bersifat kapasitif untuk mengukur kelembaban dan termistor untuk mengukur suhu. *Output* DHT22 berbentuk digital sehingga penggunaan pin analog tidak dibutuhkan. Sensor membutuhkan waktu paling lama 2 detik untuk proses pembacaan[12].



Gambar 3. Sensor DHT22

2.6. Sensor PIR

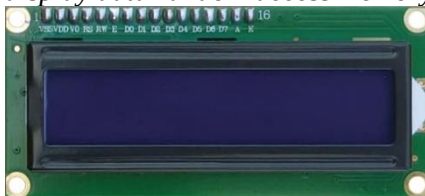
Sensor PIR digunakan untuk mendeteksi adanya pancaran sinar infra merah. Sensor PIR bersifat pasif, yang berarti sensor ini tidak memancarkan sinar infra merah, tetapi hanya menerima radiasi infra merah dari lingkungan sekitarnya. Sensor PIR dirancang khusus untuk mendeteksi pancaran infra merah dengan panjang gelombang 8-14 mikrometer[13].



Gambar 4. Sensor PIR

2.7. Liquid Crystal Display (LCD)

LCD 16X2 adalah modul elektronik yang dapat menampilkan karakter tertentu, terdiri dari 2 baris dan 16 kolom. Modul ini dilengkapi dengan panel LCD serta kontroler LCD (CMOS) yang terintegrasi. Selain itu, LCD jenis ini memiliki konsumsi daya yang rendah. LCD 16X2 juga dilengkapi dengan memori yaitu *display data random access memory*[14].



Gambar 5. Liquid crystal display (LCD)

2.8. Buzzer

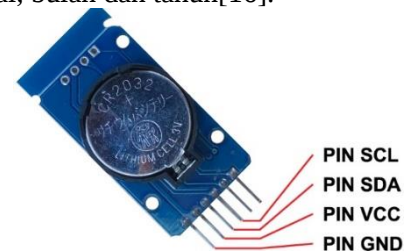
Buzzer adalah perangkat elektronik yang berfungsi mengubah tegangan listrik menjadi suara. Prinsip kerja buzzer mirip dengan *speaker*, yang memiliki lilitan dan magnet. Ketika lilitan tersebut dialiri listrik, maka muncul medan magnet yang berlawanan dengan magnet yang ada di sekitar lilitan, sehingga menghasilkan getaran yang dapat didengar oleh telinga manusia[15].



Gambar 6. Buzzer

2.9. Real-Time Clock (RTC)

RTC adalah jenis pewaktu yang beroperasi berdasarkan waktu nyata, atau dengan kata lain, mengikuti waktu dari jam yang sebenarnya. Agar dapat berfungsi, pewaktu ini membutuhkan dua parameter utama yang harus ditentukan, yaitu pada saat mulai (*start*) dan pada saat berhenti (*stop*). Umumnya, RTC berbentuk *chip* dan berfungsi untuk menyimpan waktu dan tanggal. RTC sendiri memiliki *register* yang dapat menyimpan data seperti detik, menit, jam, tanggal, bulan dan tahun[16].



Gambar 7. Real-time clock (RTC)

2.10. Solid State Relay (SSR)

Solid state relay, yang sering disingkat SSR adalah saklar elektro mekanik dengan sifat semi konduktor. Komponen ini banyak digunakan dalam berbagai industri- industri sebagai perangkat pengendali atau pengontrol. *Solid state relay* (SSR) merupakan tipe terbaru dari saklar elektronik non kontak yang menawarkan performa dan teknologi canggih. Berbeda dengan fungsi relay pada umumnya, cara kerja *solid state relay* cukup sederhana. Ujung input hanya membutuhkan arus dengan kontrol yang kecil dan memiliki kompatibilitas yang lebih baik dengan TTL, HTL, serta sirkuit terintegrasi CMOS.[17].



Gambar 8. Solid state relay (SSR)

2.11. Adaptor

Adaptor adalah rangkaian elektronik yang berfungsi mengubah tegangan AC (arus bolak-balik) yang tinggi menjadi DC (arus searah) yang rendah. Adaptor dapat dianggap sebagai pengganti baterai. Rangkaian adaptor ini ada yang dipasang langsung pada peralatan elektronik dan ada pula yang dirakit secara

terpisah. Adaptor yang dirakit terpisah bersifat universal yang mempunyai tegangan output yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan[18].



Gambar 9. Adaptor

2.12. Lampu Pijar

Lampu pijar menghasilkan cahaya dari nyala filamen, yang terbuat dari kawat tipis tungsten. Ketika lampu dinyalakan, arus listrik memanaskan filamen hingga mencapai suhu 2.200 derajat Celsius, sehingga filamen berpijar. agar panas terfokus di sekitar filamen, tungsten diletakkan di dalam bola lampu yang kedap udara[19].



Gambar 10. Lampu pijar

2.13. Motor Synchronous AC

Motor listrik adalah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor AC, yang sering disebut sebagai motor arus bolak-balik, umumnya terdiri dari dua komponen utama yaitu stator dan rotor. Stator adalah bagian yang diam dan terletak di luar, dilengkapi dengan koil yang dialiri arus listrik bolak balik, yang kemudian menghasilkan medan magnet yang berputar. Sementara itu, rotor adalah bagian yang berputar dan terletak di dalam stator. Rotor dapat bergerak karena torsi yang bekerja pada porosnya, dimana torsi tersebut dihasilkan oleh medan magnet yang berputar[20].



Gambar 11. Motor Synchronous AC

2.14. Stepdown LM2596

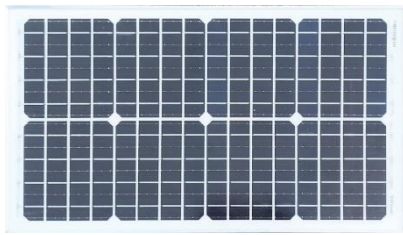
Stepdown adalah sirkuit terpadu monolitik yang menyediakan semua fungsi aktif untuk regulator *switching*, yang mampu menggerakkan beban 3A dengan regulasi saluran dan beban yang sangat baik. Alat ini tersedia dalam tegangan keluaran tetap 3.3V, 5V, 12V, serta versi *output* yang dapat disesuaikan. Regulator ini mudah digunakan karena hanya membutuhkan beberapa komponen eksternal dan sudah dilengkapi dengan kompensasi frekuensi internal serta osilator frekuensi tetap. Seri LM2596 beroperasi pada frekuensi *switching* 150 kHz, memungkinkan penggunaan komponen filter yang lebih kecil dibandingkan regulator *switching* dengan frekuensi rendah. Regulator ini tersedia dalam paket standar 5-pin TO-220 dengan beberapa opsi *lead bend* yang berbeda, serta paket *surface mount* 5-pin TO-263[15].



Gambar 12. Stepdown LM2596

2.15. Solar Cell

Solar cell adalah komponen semikonduktor yang mampu menghasilkan listrik arus searah (DC) dengan memanfaatkan energi dari sinar matahari. Saat *solar cell* menyerap foton dari sumber cahaya, elektron akan terlepas dari struktur atomnya. Elektron yang terlepas tersebut dapat bergerak bebas di dalam kristal, sehingga terbentuklah arus. Karena elektron adalah partikel sub atom bermuatan negatif, silikon yang dipadukan dalam proses ini disebut sebagai semikonduktor tipe N (negatif)[21].



Gambar 13. Solar cell

2.16. Solar Charge Controller (SCC)

Solar charge controller adalah perangkat yang berfungsi untuk mengisi baterai dengan arus konstan hingga mencapai tegangan yang telah ditentukan sesuai dengan pengaturan SCC. Setelah tegangan tersebut tercapai, arus pengisian akan otomatis berkurang ke level yang aman sesuai pengaturan pada *solar charge controller*, untuk memperlambat laju pengisian, hingga indikator menyala untuk menunjukkan bahwa baterai sudah terisi penuh. Dalam rangkaian pengisian daya baterai, terdapat rangkaian regulator dan komparator[21].



Gambar 14. Solar Charge Controller

2.17. Baterai

Baterai adalah perangkat yang berisi sel listrik yang mampu menyimpan energi listrik dan mengubahnya menjadi daya yang dapat digunakan. Baterai menghasilkan listrik melalui reaksi kimia. Baterai, atau akumulator, merupakan sel listrik di mana terjadi proses elektrokimia yang dapat dibalik (*reversible*) dengan efisiensi yang tinggi. Reaksi elektrokimia *reversible* berarti bahwa dalam baterai terjadi perubahan dari energi kimia menjadi energi listrik saat digunakan (*discharge*), dan sebaliknya, dari energi listrik menjadi energi kimia saat diisi ulang (*charging*), dengan cara meregenerasi elektroda-elektroda yang digunakan melalui aliran arus listrik dengan polaritas yang berlawanan di dalam sel[21].



Gambar 15. Baterai

2.18. Inverter

Inverter adalah komponen penting dalam PLTS karena memungkinkan listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat digunakan oleh perangkat dan jaringan listrik rumah tangga. Prinsip kerja inverter pada PLTS terdapat beberapa tahapan konversi, dimulai dari meratakan arus listrik DC ke arus searah (DC) yang stabil, kemudian diubah menjadi arus bolak-balik (AC) dengan frekuensi dan tegangan yang sesuai dengan jaringan listrik umum. Inverter melakukan proses invers, yaitu mengonversi arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) dengan menggunakan komponen seperti transistor, kapasitor dan induktor. Frekuensi dan tegangan output inverter kemudian disesuaikan agar sesuai dengan spesifikasi jaringan listrik yang akan diintegrasikan[22].



Gambar 16. Inverter

2.19. Prototype

Prototype adalah bentuk asli, model, atau contoh dari sesuatu yang digunakan sebagai representasi khas, dasar, atau standar untuk hal-hal lain dalam kategori yang sama. Di bidang desain, *prototype* dibuat sebelum pengembangan lebih lanjut atau khusus untuk pengembang sebelum dihasilkan dalam skala penuh atau diproduksi secara massal. Terdapat berbagai kategori *prototype* dasar, dan tidak ada kesepakatan universal mengenai apa yang dianggap sebagai *prototype*; istilah ini sering digunakan secara bergantian dengan kata “model”[18].

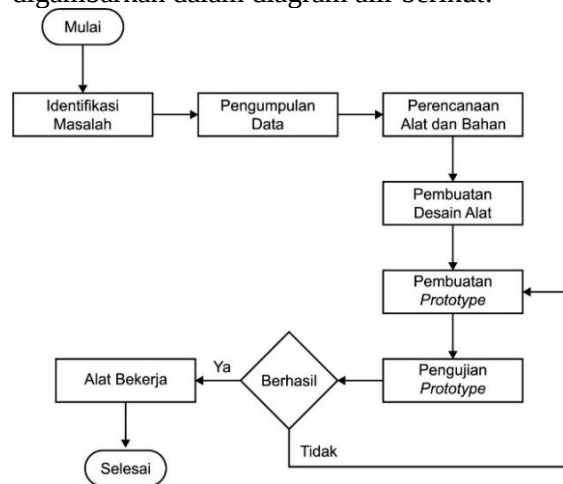
3. METODE PENELITIAN

3.1. Prosedur Penelitian

Prosedur Penelitian ini menggunakan metode *prototype* yaitu digunakan saat melakukan perancangan sistem yang akan datang namun, metode ini tidak lengkap karena perlu dievaluasi dan diubah lagi. Berikut adalah langkah-langkah atau tahapannya:

- Communication* atau komunikasi yaitu mengumpulkan data awal, lalu menganalisisnya sesuai dengan kebutuhan pengguna.
- Quick plan*, merupakan tahap perencanaan kebutuhan
- Modelling quick design*, tahap pembuatan *design*.
- Pembentukan *prototype*, yang berarti membuat *prototype* alat dengan pengujian dan penyempurnaan.
- Deployment delivery dan feedback*, evaluasi *prototype* dan perbaikan untuk memenuhi kebutuhan pengguna perbaikan *prototype*, pembuatan *prototype* berdasarkan hasil evaluasi dan produksi akhir pembuatan perangkat sehingga dapat digunakan oleh pengguna.

Langkah-langkah dari metode diatas juga dapat digambarkan dalam diagram alir berikut:



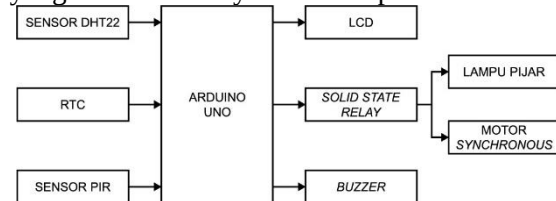
Gambar 17. Diagram Alir

3.2. Perancangan Sistem

Perancangan sistem dalam penelitian ini merupakan langkah awal sebelum mengembangkan sistem beserta rangkaian pendukung elektronika lain yang siap diimplementasikan. Hal ini dilakukan agar perancangan sistem dapat beroperasi dan berfungsi dengan baik sesuai yang diharapkan.

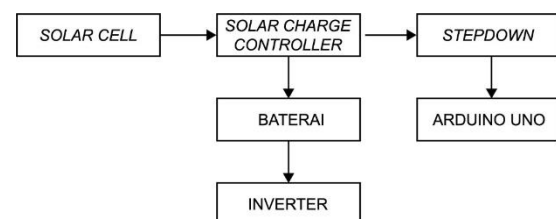
3.2.1. Diagram Blok

Diagram blok adalah representasi hubungan antara satu atau beberapa komponen yang saling terkait erat, di mana setiap blok dari suatu komponen memengaruhi komponen lainnya. Diagram ini memiliki kualitas unik yang membuat isinya mudah dipahami.



Gambar 18. Diagram blok Arduino dan komponen pendukung

Sistem utama pada alat ini diatur oleh Arduino Uno sebagai pengontrol komponen elektronika. Sensor DHT22 berfungsi untuk mendapatkan nilai suhu dan kelembapan, data nilai suhu mempengaruhi *solid state relay* yang berfungsi sebagai saklar otomatis ketika suhu tinggi maka lampu padam, sedangkan jika suhu rendah lampu menyala. RTC berfungsi sebagai penjadwalan motor *synchronous* untuk menggerakkan rak telur pada jam-jam tertentu. Sensor PIR berfungsi mendeteksi gerakan telur ayam yang menetas ketika telur ayam telah menetas maka *buzzer* mengeluarkan suara sebagai notifikasi.



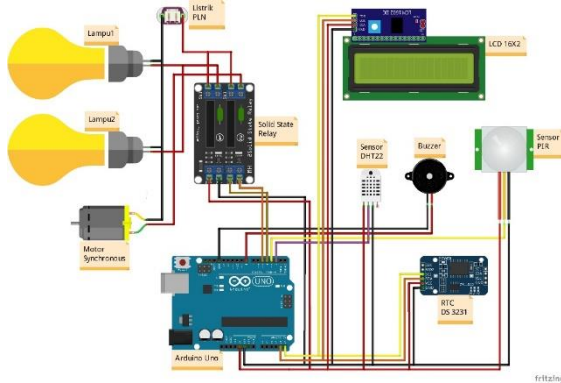
Gambar 19. Diagram blok solar cell dan Arduino

Sumber tenaga cadangan berasal dari *solar cell* yang mengubah sinar matahari menjadi arus listrik DC. *Solar charge controller* berfungsi mengalirkan arus listrik DC ke baterai dan mengontrol pengisian. Baterai agar tidak terjadi *overcharging* dan memutus aliran baterai ke beban agar tidak terjadi *overheating*. Baterai berfungsi sebagai penyimpanan energi listrik DC. Inverter berfungsi mengubah arus DC menjadi arus AC digunakan untuk komponen yang berjalan berdasarkan arus AC. *Stepdown* berfungsi untuk menurunkan tegangan dari keluaran *output solar charge*

controller dan digunakan untuk komponen yang berjalan berdasarkan arus DC.

3.2.2. Perancangan Alat

Perancangan alat ini bertujuan untuk memudahkan dalam penyambungan setiap komponen-komponen elektronik



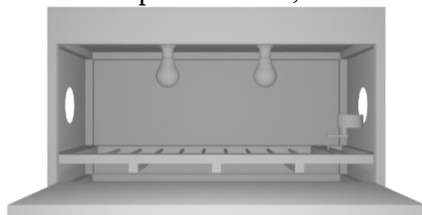
Gambar 20. Skematik Arduino dan komponen pendukung



Gambar 21. Skematik Solar cell dan Arduino

3.2.3. Desain Alat

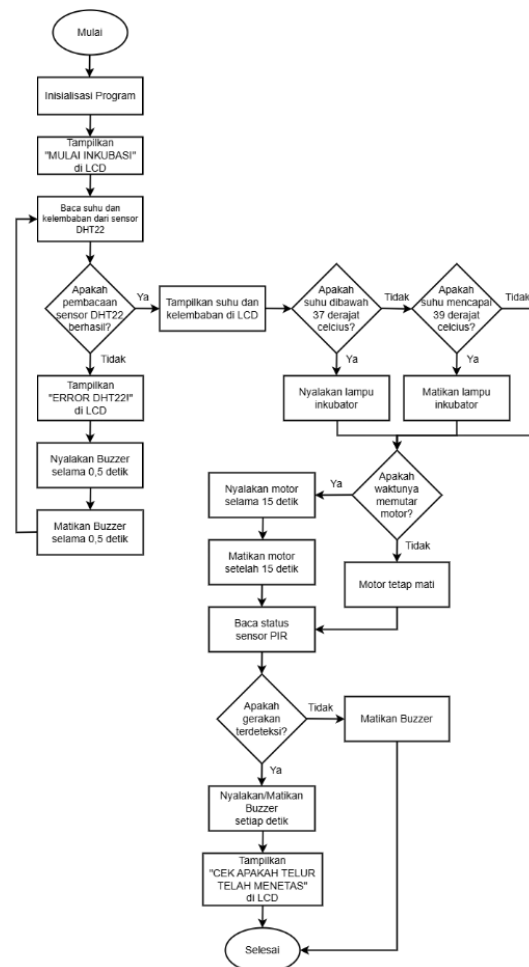
Adapun perancangan desain alat yang diusulkan dalam penelitian ini,



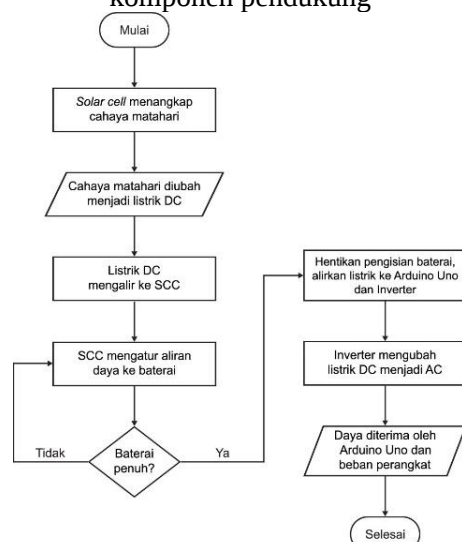
Gambar 22. Desain alat

3.3. Flowchart Sistem

Adapun flowchart atau alur kerja dari alat yang dibangun dapat dilihat seperti di gambar berikut.



Gambar 23. Flowchart Arduino dengan komponen pendukung



Gambar 24. Flowchart solar cell dengan Arduino

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Sistem

Sistem penetasan telur ayam menggunakan Arduino Uno yang memiliki sumber tenaga cadangan memungkinkan peternak ayam untuk meningkatkan keberhasilan telur ayam yang menetas. Sistem ini dibangun menggunakan beberapa komponen elektronik yang dirancang khusus untuk menghubungkan komponen elektronik sumber tenaga cadangan.

4.2. Implementasi sistem

Pada tahapan ini, dijelaskan rancangan yang telah dibuat yaitu pembuatan mesin penetas telur ayam berbasis Arduino, berikut ini adalah kenampakan dari mesin penetas telur ayam yang telah dibuat dari sebuah board mikrokontroler Arduino Uno dengan beberapa komponen elektronik yang digunakan.



Gambar 25 Implementasi sIstem

4.3. Pengujian Fungsional

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan semua komponen elektronika yang dibangun dapat saling terhubung dan berkaitan dan membangun sistem penetasan telur ayam berbasis Arduino. Adapun pengujian ini dilakukan tidak menggunakan telur ayam, untuk memastikan bahwa mesin penetas telur ayam berbasis Arduino telah siap untuk beroperasi.

4.3.1. Pengujian Suhu dan Kelembaban

Pengujian suhu dan kelembaban ini menggunakan sensor DHT22, *solid state relay* dan lampu pijar. Dilakukan untuk memastikan bahwa pada suhu 37°C lampu menyala dan pada suhu 39°C lampu padam, kemudian kelembaban relatif akan berada pada 60% - 70%.

Tabel 1. Pengujian suhu dan kelembaban

Skenario pengujian	Kondisi	Hasil uji	Keterangan
Suhu 37°C dan kelembaban	Lampu pijar menyala	Berhasi	LCD menampilkan pembacaan

relatif berada pada 60% - 70%			suhu dan kelembaban
			
Suhu 39°C dan kelembaban relatif berada pada 60% - 70%	Lampu pijar padam	Berhasi	LCD menampilkan pembacaan suhu dan kelembaban
			

4.3.2. Pengujian Mekanisme Gerak Telur

Pengujian mekanisme rak telur ini menggunakan RTC, *solid state relay* dan motor *synchronous*. Dilakukan untuk memastikan bahwa motor *synchronous* memutar rak telur pada jam-jam yang telah ditentukan.

Tabel 2. Pengujian mekanisme gerak telur

Skenario pengujian	Kondisi	Hasil uji	Keterangan
Set timer RTC pada jam 6 pagi	Motor <i>synchronous</i> berputar pada jam 6 pagi	Berhasi	Motor memutar rak telur pada jam 6 pagi selama 15 detik



Set timer RTC pada jam 12 siang	Motor <i>synchro nous</i> berputar pada jam 12 siang	Berha sil	Motor memutar rak telur pada jam 12 siang selama 15 detik
			
Set timer RTC pada jam 6 sore	Motor <i>synchro nous</i> berputar pada jam 6 sore	Berha sil	Motor memutar rak telur pada jam 6 sore selama 15 detik
			
Set timer RTC pada jam 12 malam	Motor <i>synchro nous</i> berputar pada jam 12 malam	Berha sil	Motor memutar rak telur pada jam 12 malam selama 15 detik
			

4.3.3. Pengujian Tampilan Informasi

Pengujian tampilan informasi menggunakan LCD. Dilakukan untuk

memastikan data suhu, kelembaban dan status sistem ditampilkan pada LCD.

Tabel 3. Pengujian tampilan informasi

Skenario pengujian	Kondisi	Hasil uji	Keterangan
Menampilkan suhu dan kelembaban	Tampilkan data pembacaan suhu dan kelembaban	Berha sil	Data suhu dan kelembaban ditampilkan dengan jelas
			
Menampilkan kegagalan pembacaan sensor	Tampilkan status pesan error	Berha sil	Status pesan error ditampilkan dengan jelas
			
Menampilkan pesan jika gerakan terdeteksi	Tampilkan pesan "Cek apakah telur telah menetas"	Berha sil	Pesan "Cek apakah telur telah menetas" ditampilkan dengan jelas
			

4.3.4. Pengujian Alarm

Pengujian alarm ini menggunakan *buzzer* dan sensor PIR, dilakukan untuk memastikan alarm berbunyi sebagai notifikasi saat terjadi kondisi gagal membaca suhu, kelembaban dan kondisi mendeteksi gerakan.

Tabel 4. Pengujian alarm

Skenario pengujian	Kondisi	Hasil uji	Keterangan
Alarm berbunyi saat terjadi error pembacaan suhu dan kelembaban	<i>Buzzer</i> berbunyi	Berha sil	Alarm berbunyi pertanda gagal membaca data suhu dan kelembaban
Alarm berbunyi dengan	Sensor PIR mendete	Berha sil	Alarm berbunyi saat mendeteksi

menempatkan tangan di depan sensor PIR	ksi gerak dan buzzer berbunyi		gerakan selama ± 14 detik
			

4.3.5. Pengujian Sumber Tenaga

Pengujian sumber tenaga dilakukan untuk memastikan mesin tetas berfungsi dengan baik dengan sumber daya dari PLN dan sumber tenaga cadangan dari *solar cell*.

Tabel 5. Pengujian sumber tenaga

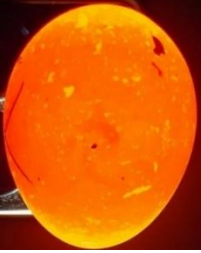
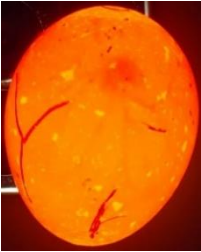
Skenario pengujian	Kondisi	Hasil uji	Keterangan
Menjalankan mesin tetas dengan adaptor (<i>power supply</i>)	Mesin beroperasi normal	Berhasil	Mesin berfungsi menggunakan adaptor (<i>power supply</i>)
			
Menjalankan mesin tetas dengan sumber tenaga <i>solar cell</i>	Mesin beroperasi normal	Berhasil	Mesin berfungsi dengan sumber tenaga <i>solar cell</i>

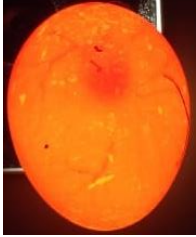
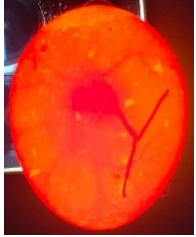
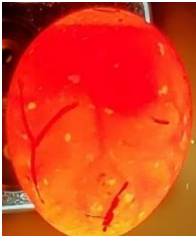
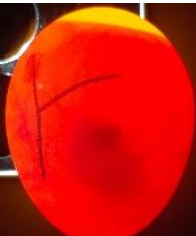


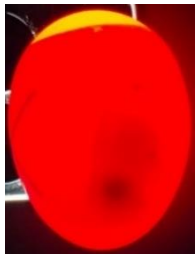
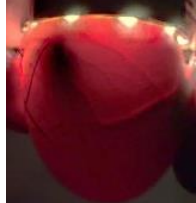
4.4. Hasil Pengujian

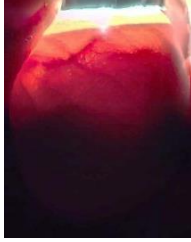
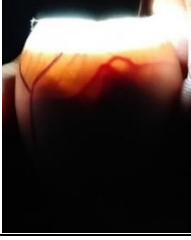
Pengujian dilakukan menggunakan 50 butir telur ayam kampung sebagai objek dari penelitian, adapun hasil dari pengujian ini peneliti rangkum dalam bentuk dokumentasi gambar dan tabel yang berisi perkembangan embrio ayam, selama periode inkubasi 21 hari.

Tabel 6. Perkembangan embrio

No	Gambar	Keterangan
1		Pada hari pertama, isi telur masih berupa kuning dan putih telur, dan perkembangan embrio belum terlihat jelas.
2		Pada hari kedua sedikit titik-titik atau bintik gelap mulai terlihat, yang menandakan awal perkembangan embrio. Pada tahap ini, jantung embrio mungkin sudah mulai terbentuk dan mulai berdenyut halus
3		Pada hari ketiga pembuluh darah embrio mulai tampak jelas dengan garis-garis merah menyebar, menandakan perkembangan awal sistem peredaran darah.

4		Pada hari keempat Terlihat pembuluh darah halus menyebar di dalam telur, yang menandakan embrio hidup dan mulai tumbuh.
5		Pada hari kelima dengan pembuluh darah yang bercabang di dalam telur untuk mendistribusikan nutrisi dan oksigen. Mungkin paruh mulai terbentuk, dan tubuh embrio mulai berkembang.
6		Pada hari keenam terlihat pembuluh darah bercabang untuk mendistribusikan nutrisi dan oksigen. Jari-jari pada kaki dan sayap mungkin mulai terbentuk.
7		Pada hari ketujuh pembuluh darah semakin terlihat di permukaan telur, menunjukkan sistem sirkulasi yang mendistribusikan nutrisi dan oksigen ke embrio. Bulu halus mulai muncul di area punggung dan sayap embrio sebagai awal pembentukan struktur tubuh.
8		Pada hari kedelapan embrio ayam telah menunjukkan perkembangan organ yang jelas, dengan jantung yang sudah aktif dan bulu halus mulai tumbuh di tubuhnya, menandakan pertumbuhan yang sehat dan semakin

		menyerupai anak ayam.
9		Pada hari kesembilan embrio mulai terlihat sebagai area gelap yang dikelilingi pembuluh darah untuk distribusi nutrisi. Struktur sayap, kaki, dan paruh mulai terbentuk, dengan jantung berdetak kuat.
10		Pada hari kesepuluh pembuluh darah embrio ayam tampak bercabang kompleks, dengan struktur tubuh seperti sayap, kaki, dan paruh semakin terlihat.
11		Pada hari ke sebelas embrio ayam tumbuh besar dengan area gelap lebih luas. Struktur tubuh berkembang, dan pembuluh darah yang memenuhi telur.
12		Pada hari kedua belas embrio ayam tumbuh pesat dengan struktur tubuh lebih jelas. Bulu halus muncul, paruh mengeras, mata menonjol, serta jari kaki dan kuku mulai terbentuk.
13		Pada hari ke tiga belas embrio ayam menempati sebagian besar ruang telur, dengan struktur tubuh hampir sempurna. Bulu halus mulai tumbuh, tulang mengeras, dan embrio aktif bergerak

14		Pada hari ke empat belas embrio ayam berkembang pesat, hampir memenuhi telur. Tulangnya mengeras, bulu halus semakin banyak, dan gerakannya lebih aktif, bersiap untuk tahap akhir sebelum menetas.
15		Pada hari kelima belas embrio ayam telah hampir memenuhi telur, dengan bulu yang lebat dan paruh yang kuat, mempersiapkan diri untuk tahap penetasan.
16		Pada hari ke enam belas embrio ayam telah berkembang sempurna, memenuhi ruang telur, dan bersiap untuk posisi penetasan dengan bulu, paruh, dan cakar yang siap digunakan
17		Pada hari ke tujuh belas embrio telah sepenuhnya berkembang dan bergerak ke posisi untuk menetas
18		Pada hari kedelapan belas embrio ayam sudah matang dan siap untuk memasuki tahap akhir sebelum penetasan.
19		Pada hari kesembilan belas sampai hari ke dua puluh satu ayam mulai menetas, memanfaatkan energi dari kuning telur terakhir, dan dalam beberapa jam setelah menetas,

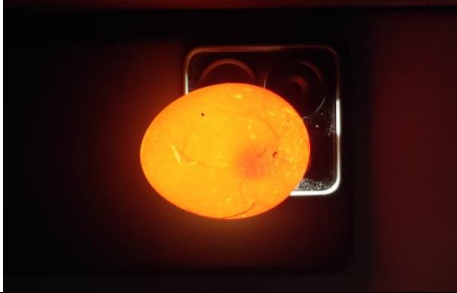
		bulunya akan kering dan mengembang.
--	--	-------------------------------------

Adapun hasil dari pengujian ini, peneliti rangkum dalam bentuk tabel persentase fertilitas dan daya tetas yang digunakan untuk memantau performa penetasan telur pada mesin penetas.

a. Persentase fertilitasi telur

Tabel 7. Persentase fertilitasi telur

Jumlah telur diuji	Telur fertil	Telur infertil	Persentase fertilitas
50	46	4	92%



Pada tabel 17. Persentase fertilitas telur, dari total 50 butir telur ayam yang diuji, sebanyak 46 butir telur fertil (subur) yang berarti dapat ditetaskan, dan 4 butir telur infertil (tidak mengalami pembuahan) yang berarti tidak dapat ditetaskan. Adapun hasil perhitungan tersebut diperoleh dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Fertilitas} = \frac{\text{jumlah telur fertil}}{\text{jumlah telur yang ditetaskan}} \times 100\%$$

$$\text{Fertilitas} = \frac{46}{50} \times 100\% = 92\%$$

Jadi dari data tersebut, 92% telur yang diuji adalah fertil atau subur.

b. Persentase daya tetas

Tabel 8. Persentase daya tetas

Jumlah telur diuji	Telur fertil	Telur menetas	Telur tidak menetas	Persentase daya tetas
50	46	42	4	92%



Pada tabel 18. persentase daya tetas, dari 50 butir telur yang diuji, 46 butir dinyatakan fertil atau subur, 42 telur berhasil menetas dan 4 butir telur gagal menetas. Adapun hasil perhitungan tersebut diperoleh dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Daya tetas} = \frac{\text{jumlah telur menetas}}{\text{jumlah telur fertil}} \times 100\%$$

$$\text{Daya tetas} = \frac{42}{46} \times 100\% = 91.30\%$$

Jadi dari data tersebut, menunjukkan bahwa 91.30% dari telur fertil berhasil menetas.

4.4.1. Simulasi perhitungan solar cell

Simulasi ini dilakukan untuk mengetahui berapa besar kapasitas solar cell, SCC, aki/baterai dan inverter yang digunakan agar dapat mengoperasikan mesin penetas secara mandiri dengan total penggunaan energi listrik sebesar 552 watt dalam 24 jam.

- a. Menghitung kebutuhan daya listrik yang digunakan

Tabel 9. Kebutuhan daya listrik

Nama alat	Jumlah	Waktu Menyala	Daya Listrik	Total energi listrik
Lampu pijar 5 watt	2	24 jam	10 watt	240 watt-hour
Motor synchro nous	1	24 jam	4 watt	96 watt-hour
Arduino Uno	1	24 jam	9 watt	216 watt hours
Total pemakaian energi listrik			23 watt	552 watt hours

Pada tabel 19 Kebutuhan daya listrik, total pemakaian listrik mandiri untuk mesin tetas dalam waktu 24 jam dapat diperoleh menggunakan rumus berikut:

Daya listrik (watt) x Waktu menyala (jam)

$$23 \text{ watt} \times 24 \text{ jam} = 552 \text{ watt-hour (Wh)}$$

Jadi total energi pemakaian selama 24 jam adalah 552 watt-hour (Wh).

- b. Menghitung kapasitas solar cell

Menentukan berapa besar kapasitas solar cell yang digunakan, untuk pemakaian listrik mandiri pada mesin penetas yang telah diketahui total dayanya mencapai 552 Wh dengan waktu penyinaran optimal dari matahari selama 5 jam, maka menggunakan rumus berikut:

$$\text{Panel surya} = \frac{\text{Total energi (Wh)}}{\text{Waktu optimal (jam)}}$$

$$= \frac{552 \text{ Wh}}{5 \text{ jam}} = 110,4 \text{ watt peak}$$

Jadi untuk mendapatkan daya yang diinginkan, jika menggunakan solar cell 30 Wp, maka total solar cell yang dibutuhkan adalah 30 watt peak x 4 buah = 120 watt peak.

- c. Menghitung kapasitas baterai

Menentukan berapa besar kapasitas aki yang digunakan, untuk pemakaian listrik mandiri pada mesin penetas yang telah diketahui total energi listrik mencapai 552 Wh dengan memilih spesifikasi baterai 12V 12Ah, maka menggunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Energi (Wh)} &= \text{Volt} \times \text{Ah} \\ &= 12\text{V} \times 12\text{Ah} \\ &= 144 \text{ Wh} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah baterai} = \frac{\text{Total energi listrik (Wh)}}{\text{Kapasitas energi (Wh)}}$$

$$= \frac{552 \text{ Wh}}{144 \text{ Wh}} = 3,83$$

Jadi jumlah baterai yang digunakan untuk menyimpan energi listrik dari solar cell agar dapat adalah mengoperasikan mesin penetas secara mandiri adalah 3,83 pcs aki dibulatkan menjadi 4 pcs aki 12V 12A.

- d. Menentukan solar charge controller (SCC)

Untuk menentukan solar charge controller yang digunakan terlebih dahulu memperhatikan spesifikasi solar cell yang ditandai dengan kode short circuit current (Isc), pada solar cell yang digunakan Isc tertulis 1.74A dengan jumlah solar cell yang digunakan sebanyak 4 pcs. Maka ditentukan dengan rumus berikut:

$$\text{Isc (solar cell)} \times \text{jumlah solar cell.}$$

$1.74A \times 4 = 6,96A$

Jadi yang digunakan adalah 6,96A, namun SCC yang di produksi dipasaran adalah 10A, 20A, 30A, maka diasumsikan SCC 10A yang digunakan.

e. Menghitung kebutuhan inverter

Untuk menentukan inverter yang digunakan, berdasarkan data yang digunakan pada tabel 4.22, jumlah daya listrik yaitu 23 watt, maka inverter yang digunakan *outputnya* harus diatas 23 watt.

5. KESIMPULAN

Peneliti menarik kesimpulan berdasarkan hasil pengujian yang dibahas di bab sebelumnya bahwa penelitian ini berhasil dibuat mesin penetas ayam berbasis Arduino dengan menggunakan metode *prototype*. Sistem yang menggunakan sensor DHT22 sebagai pemantauan suhu dan kelembaban serta motor *synchronous* sebagai mekanisme penggerak rak telur otomatis yang diatur berdasarkan modul RTC. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem yang dibuat mampu mempertahankan suhu direntang $37^{\circ}\text{C} - 39^{\circ}\text{C}$ dengan kelembaban relatif direntang 60% - 70%. Mesin penetas dengan ukuran panjang 77 cm, lebar 41 cm dan tinggi 43 cm berkapasitas 50 butir dengan jumlah penggunaan energi listrik sebesar 552 Wh. Dari 50 butir telur yang diinkubasi, 46 telur fertil dan 42 telur berhasil menetas mencapai tingkat daya tetas sebesar 91.30%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Andini, S. T. Aminisari, V. A. F. Husin, and M. Ihsan Jambak, "Perbandingan Algoritma K-Means dan K-Medoids Untuk Klasterisasi Produksi Telur Ras Ayam Kampung Di Provinsi Sumatera Selatan," vol. 8, no. 3, pp. 3910–3915, 2024.
- [2] I. M. Alim *et al.*, "Histologi Perkembangan Embrio Telur Ayam Kampung pada Masa Inkubasi dari Hari ke nol sampai hari ke tujuh," *J. Ilm. Mhs. Sains Unisma Malang*, vol. 1, no. 1, p. 28, 2023.
- [3] W. A. Purba, "Pengaruh Bobot dan Lama Simpan Telur Tetas Terhadap Fertilitas, Daya Tetas dan Bobot DOC Ayam Mirah," *repository.uhn.ac.id*, 2024.
- [4] L. Zebua, "Pengaruh Variasi Suhu Penetasan Terhadap Fertilitas, Daya Hidup Embrio dan Daya Tetas Telur Ayam Mirah," *Repos. Univ. HKBP Nomensen*, 2023.
- [5] Y. Mariani, N. M. A. Kartika, and M. A. Hamzani, "Pengaruh Suhu Penetasan Terhadap Fertilitas, Mortalitas dan Daya Tetas Telur Ayam Kampung," vol. 1, no. 1, pp. 23–28, 2021.
- [6] M. T. S. Isma, T. M. Purba, and J. Sinaga, "Rancang Bangun Mesin Penetas Telur Otomatis Kapasitas 50 Butir," *J. Teknol. Mesin Uda*, vol. 2, no. 2, pp. 67–75, 2021.
- [7] K. Sujionohadi and A. I. Setiawan, *Beternak Ayam Kampung Petelur*. Jakarta: PT. Penebar Swadaya, 2016.
- [8] S. D. Incubators, *Sukses Menetaskan Telur Unggas Hingga 90%*. Jakarta Selatan: PT AgroMedia Pustaka, 2019.
- [9] M. Salsabila, M. Halim, N. Tambun, D. Aurora, R. Lestari, and N. Nurmasyitah, "Alat Penetas Telur Sederhana," *GRAVITASI J. Pendidik. IPA*, vol. 5, no. 1, pp. 17–23, 2022.
- [10] K. P. YR, R. Suppa, and M. Muhallim, "Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Arduino," *Jurasik (Jurnal Ris. Sist. Inf. dan Tek. Inform.)*, vol. 6, no. 1, p. 1, 2021.
- [11] M. N. Ghifari, "Perancangan dan Implementasi Jam Waktu Salat Berbasis Arduino," *Hilos Tensados*, vol. 1, no., pp. 1–476, 2019.
- [12] I. A. Pratama, "Perbandingan Pemrosesan Kinerja Server Raspberry Dan Pc Untuk Optimalisasi Smart Farming Berbasis Iot," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 1, 2024.
- [13] A. Juliansyah, Ramlah, and D. Nadiani, "Sistem Pendeteksi Gerak Menggunakan Sensor PIR dan Raspberry Pi," *JTIM J. Teknol. Inf. dan Multimed.*, vol. 2, no. 4, pp. 199–205, 2021.
- [14] Y. A. Pangestu, "Sistem Kendali Kecepatan Kursi Roda," *Unikom Libr.*, pp. 21–32, 2021.
- [15] L. Khakim, I. Afriliana, and Nurohim, *Implementasi Mikrokontroler dan Sensor MQ2 pada Sistem Proteksi Kebocoran Gas LPG Rumah Tangga*. PT. Nasya Expanding Management, 2022.
- [16] M. B. Audrina, "Rancang Bangun Pemberi Makan Otomatis Pada Kucing Menggunakan Mikrokontroler," *Inst. Bisnis dan Inform. Stikom Surabaya*, vol. 561, no. 3, pp. S2–S3, 2019.
- [17] M. F. Mochamad, M. Rumbayan, and B. S. Narasiang, "Monitoring dan Controller Alat Pengering Ikan tenaga Surya Berbasis IoT," *J. Artik. Ilm.*, vol. 2, no. 3, pp. 1–11, 2021.
- [18] Amin and R. F. Aziz, "Prototype Pengering Gabah Menggunakan Internet of Things

- Berbasis Arduino Mega,” *Univ. Amikom Purwokerto*, pp. 8–42, 2020.
- [19] S. Ridho, “Alat Penetas Telur Otomatis Berbasis Mikrokontroler,” *Prog. Retin. Eye Res.*, pp. 1–55, 2019.
- [20] S. Asali and T. S. Solli, “Rancang Bangun Alat Penetas Telur Ayam Otomatis Dengan Pengiriman Data Via Sms Gateway Berbasis Arduino Nano,” *Foristek*, vol. 11, no. 1, pp. 57–67, 2021.
- [21] F. I. Pasaribu and M. Reza, “Rancang Bangun Charging Station Berbasis Arduino Menggunakan Solar Cell 50 WP,” *R E L E (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 46–55, 2021.
- [22] T. Darmana, I. T. Pambudi, H. Suyanto, and S. Rahayu, *Sistem Hybrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB), Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)*. Ponorogo: Uwais Inspirasi Indonesia, 2024.