



Rancang Bangun Mesin Penetas Telur Metode *Forced Air* Dengan Sumber Energi Hibrid

Asma Ainuddin¹, Tino Suhaebri², Nurhajawarsi³, Nurasmi Rahmawati⁴

^{1,2,3,4}Akademi Komunitas Industri Manufaktur Bantaeng

¹asmaainuddin11@gmail.com, ²tinosuhaebri88@gmail.com,

³nurhajawarsi@gmail.com, ⁴nurasmi.rahmawati@gmail.com,

ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan mesin penetas telur *forced air* dengan teknologi *IoT* dan sumber tenaga hibrid untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil peternakan unggas di Kabupaten Bantaeng. Penggunaan ESP32 sebagai kontroler memungkinkan pemantauan dan pengendalian mesin dari jarak jauh secara *real-time* kedepannya, sementara tenaga hibrid memastikan operasi berkelanjutan meskipun terjadi pemadaman listrik. Hasil pengujian menunjukkan tegangan maksimum PV mencapai 19.37 V pada pukul 13.00 dan arus maksimum 1.3 A pada pukul 14.30. Tegangan baterai berkisar antara 13.38 V hingga 16.64 V, dengan nilai tegangan pada beban antara 13.3 V hingga 14.56 V dan arus antara 0.5 A hingga 1.1 A. Pada ruang pemanas, heater 2 mencapai suhu 45.4 °C dalam 80 menit, lebih tinggi dibanding heater 1 yang hanya mencapai 39.6 °C. Laju pemanasan heater 2 dari 24.4 °C ke 35.2 °C dicapai dalam 10 menit, sementara heater 1 memerlukan 30 menit untuk mencapai suhu yang sama. Pada pengujian ruang penetasan, heater 2 mencapai 38.8 °C dalam 80 menit, lebih tinggi dari heater 1 yang mencapai 37 °C. Penggunaan daya listrik untuk heater 1 adalah 241.6 W dengan biaya Rp. 180.000,00, sementara heater 2 menggunakan 989.6 W dengan biaya Rp. 721.000,00. Sistem PLTS memiliki kapasitas baterai 172.8 WH dan membutuhkan waktu 4 hari untuk pengisian penuh.

Kata kunci: Penetas telur, *forced air*, ESP32, *hibrid*, PLTS

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik[1], produksi daging ayam ras pedaging di Provinsi Sulawesi Selatan menunjukkan peningkatan yang konsisten setiap tahunnya dari 2009 hingga 2019, dengan pengecualian penurunan pada 2019 akibat dampak awal pandemi Covid-19. Sementara itu, data dari sulselprov.go.id[2] menunjukkan bahwa jumlah komoditi ayam di Kabupaten Bantaeng terus meningkat dari 2016 hingga 2018. Ayam buras menduduki peringkat ke-4 dengan populasi 2.322.629 ekor, ayam ras pedaging meningkat menjadi 964.700 ekor pada 2018 dan menempati peringkat ke-15, sementara ayam ras petelur mencapai 322.413 ekor pada tahun yang sama, menduduki peringkat ke-10, namun memiliki jumlah paling sedikit dibanding jenis ayam lainnya.

Kuantitas hasil pembibitan sangat bergantung pada proses pembibitan itu sendiri, yang mencakup seleksi dan penetasan telur. Penetasan telur dapat dilakukan secara alamiah dengan induk ayam atau secara buatan menggunakan alat yang meniru fungsi induk ayam. Baik metode alami maupun buatan memerlukan waktu sekitar 21 hari untuk menetas, namun penetasan buatan memiliki keunggulan dalam jumlah telur yang dapat ditetaskan, tergantung pada kapasitas alat yang digunakan, yang bisa mencapai ribuan telur dalam satu siklus penetasan.

Di pasaran, mesin penetas telur tersedia dalam berbagai skala, dari kapasitas kecil hingga besar, dengan harga yang bervariasi sesuai teknologi yang diterapkan. Misalnya, mesin dengan kapasitas 20 butir telur dihargai sekitar Rp. 1.000.000, menggunakan teknologi sederhana dengan rangka kayu dan pemanas dari lampu pijar. Gambar 1.3 menunjukkan bahwa peternak di Kabupaten Bantaeng masih menggunakan mesin penetas dengan teknologi minimal, seperti inkubator yang hanya menggunakan lampu pijar sebagai sumber panas dan kapasitas



kurang dari 100 butir telur per inkubator. Proses kendali dan monitoring yang dilakukan secara manual atau digital sederhana sering kali menyebabkan ketidakakuratan dalam pengukuran parameter.

Penetas telur dapat dirancang menggunakan metode *Fuzzy logic*[3], PID[4], dan pengolahan citra[5]. Sensor yang digunakan antara lain untuk mengukur suhu dan kelembaban DS18B20, LM35[6] dan HSM20G[7]. Selain itu juga dapat menggunakan sensor untuk mendeteksi kadar amoniak MQ137[8]. Aplikasi berbasis web juga dapat ditambahkan untuk memudahkan pemantauan kondisi penetasan[9] berbasis IoT[10].



Gambar 1.1 Mesin penetas telur yang umum digunakan

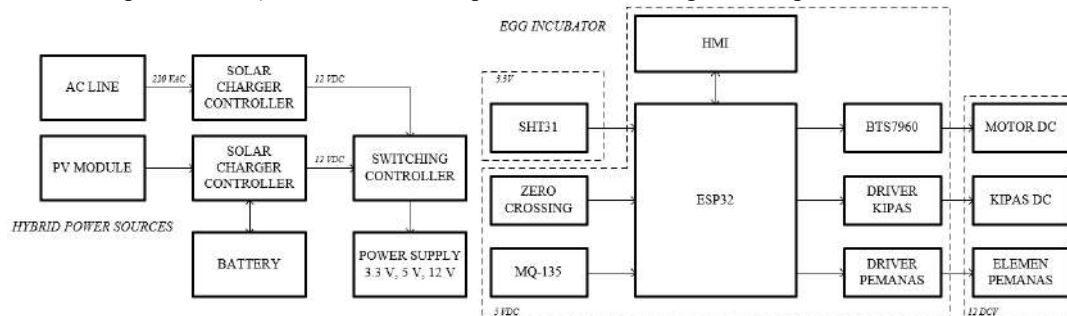
Berbagai mesin penetas telur telah dirancang sebelumnya. Gambar 1.1 memperlihatkan mesin penetas telur yang umum digunakan dengan pemanas lampu pijar, pengukur suhu dan kelembaban. Rancangan penetas telur yang telah ada memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Untuk memaksimalkan kinerja dari inkubator yang telah dirancang sebelumnya, perlu dilakukan penggabungan beberapa kelebihan-kelebihan yang dimiliki dari inkubator tersebut. Diharapkan dengan penelitian ini, dihasilkan sebuah inkubator penetas telur yang handal sehingga mampu membantu dalam proses peningkatan hasil budidaya ayam, khususnya di Kabupaten Bantaeng.

2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian rancang bangun yang melibatkan beberapa tahap utama, yaitu perancangan konsep, pembuatan, dan pengujian. Sebelum memasuki tahap pembuatan produk, perancangan dilakukan terlebih dahulu untuk memastikan bahwa produk yang akan dibuat sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan, mengoptimalkan efisiensi waktu dalam proses pembuatan, dan meminimalkan risiko kesalahan. Tahap perancangan ini mencakup beberapa aspek penting antara lain: 1) Studi literatur: dilakukan dengan mengumpulkan dan menelaah referensi dari berbagai sumber, termasuk jurnal ilmiah, makalah, laporan tugas akhir, serta dokumen online yang relevan dengan teknologi dan metode pembuatan mesin penetas telur. Tujuannya adalah untuk memahami teknologi terkini, metode terbaik, dan potensi tantangan yang mungkin dihadapi selama proses pembuatan. 2) Perancangan rangkaian elektronik: merupakan bagian penting yang fokus pada desain sistem elektronik yang akan digunakan dalam mesin penetas telur, seperti sensor suhu, dan kontroler. Perancangan ini sangat penting untuk memastikan bahwa semua komponen elektronik dapat berfungsi secara optimal dan terintegrasi dengan baik dalam sistem keseluruhan. 3) Perancangan bodi atau mekanikal: melibatkan desain fisik dari mesin penetas telur, termasuk pemilihan material, ukuran, dan tata letak komponen. Desain ini harus mempertimbangkan aspek ergonomis, daya tahan, serta efisiensi termal agar mesin dapat beroperasi dengan baik dan tahan lama. 4) Pada tahap akhir, perancangan program mikrokontroler dirancang untuk mengendalikan berbagai fungsi mesin, seperti pengaturan suhu, kelembaban, serta parameter lainnya. Perancangan ini juga melibatkan pengujian program untuk memastikan bahwa semua fungsi berjalan sesuai dengan spesifikasi. Dengan pendekatan yang sistematis ini, diharapkan hasil dari penelitian rancang bangun ini akan menghasilkan sebuah produk yang efisien, fungsional, dan sesuai dengan kebutuhan pengguna, terutama dalam meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi unggas di bidang peternakan.

2.1 Perancangan Rangkaian Elektronik

Diagram blok pada Gambar 2.1 menunjukkan sistem inkubator yang kompleks. Sistem ini terdiri dari 17 komponen utama yang saling terhubung antara lain: 1) Sumber daya AC: Tegangan jala-jala PLN sebagai salah satu sumber energi; 2) Modul fotovoltaik (PV): Panel surya sebagai sumber energi alternatif, 3) Pengubah tegangan AC ke DC: Power supply 12 VDC; 4) Pengatur pengisian baterai dan stabilisator tegangan PV: *Solar charger controller*; 5) Pengontrol pemilihan sumber tegangan: *Switching controller*; 6) Penyimpan energi: Baterai; 7) Mikrokontroler: ESP32 sebagai pusat kendali; 8) Sensor suhu dan kelembaban: SHT31; 9) Detektor *zero-crossing* AC: Zero crossing, 10) Sensor kadar CO₂: MQ-135; 11) Antarmuka pengguna: HMI untuk monitoring dan control; 12) Penggerak motor DC: BTS7960; 13) Aktuator: Motor DC untuk menggerakkan rak; 14) Penggerak kipas DC: Driver kipas; 15) Pendingin: Kipas DC untuk sirkulasi udara; 16) Penggerak elemen pemanas: Driver pemanas; 17) Pemanas: Elemen pemanas untuk menghasilkan panas.



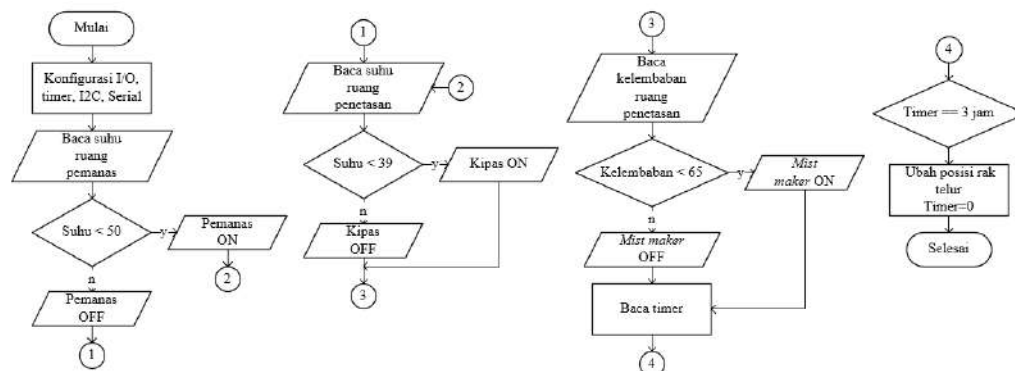
Gambar 2.2 Blok diagram rangkaian

2.2 Perancangan Rangka dan Mekanikal

Rangka merupakan struktur dasar yang menopang seluruh komponen penetas telur. Proses pembuatan rangka meliputi beberapa tahap: 1) Perancangan: Model 3D rangka dibuat menggunakan Autodesk Inventor untuk meminimalisir kesalahan produksi; 2) Persiapan: Alat dan bahan yang diperlukan disiapkan sesuai desain; 3) Pembuatan: Bahan dipotong, dilas, dan dirakit sesuai dengan model 3D. Jika ditemukan kesalahan, desain akan direvisi; 4) Pengujian: Rangka diuji kekuatan dan ketahanannya untuk memastikan fungsinya; 5) Perakitan akhir: Semua komponen, termasuk mekanikal dan kelistrikan, dipasang pada rangka

2.3 Perancangan Program Mikrokontroler

Perancangan ini terdiri dari perancangan kode program kontroler menggunakan software Arduino IDE. Hasil dari perancangan ini adalah diagram alir program yang akan dijadikan referensi untuk pembuatan program yang diperlihatkan pada Gambar 2.2.



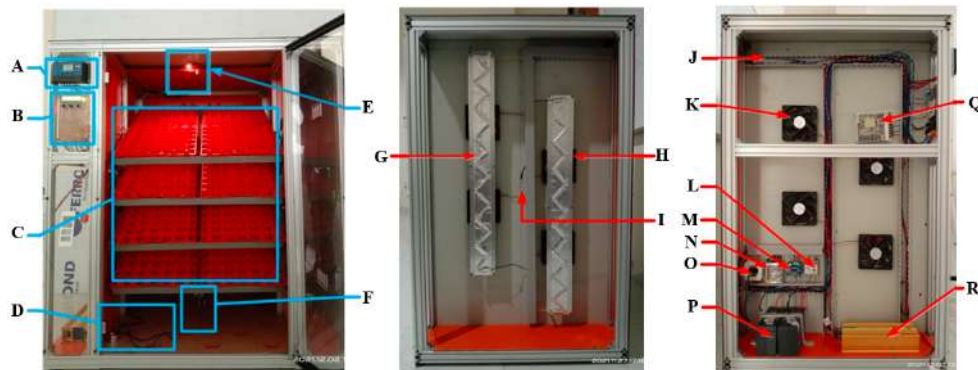
Gambar 2.2 Diagram alir program

Tahap awal program adalah inisialisasi pin-pin digital yang berfungsi sebagai interface antara mikrokontroler dan perangkat keras lainnya. Sensor suhu yang ditempatkan di ruang pemanas akan membaca nilai suhu secara terus-menerus. Nilai suhu ini kemudian digunakan sebagai referensi untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pemanas. Selain itu, program juga akan mengukur suhu di dalam ruang penetasan. Panas dari ruang pemanas didistribusikan ke seluruh ruang penetasan dengan bantuan kipas. Kelembaban di dalam ruang penetasan diatur dengan menyempotkan uap air menggunakan mist maker. Untuk memastikan pertumbuhan embrio yang merata, wadah penetasan akan diputar secara otomatis setiap 3 jam sekali.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Prototipe

Hasil pembuatan alat penetas telur diperlihatkan pada Gambar 3.1 yang terdiri dari bagian: A) *Solar charger controller*; B) *Display* rangkaian kontrol; C) Dudukan rak telur; D) *Mist maker*; E) Linear aktuator; F) Dudukan sensor; G) Elemen pemanas; H) Kipas DC 12 V; I) Sensor suhu; J) *Ducting* kabel 33x33 mm; K) Kipas DC 12V; L) *Solid state relay*; M) *Driver motor*; N) *Power supply* +5V; O) Stop kontak 220 VAC; P) Baterai 12V 7.2 Ah; Q) *Power Supply* DC 24V; R) *Power Inverter*.

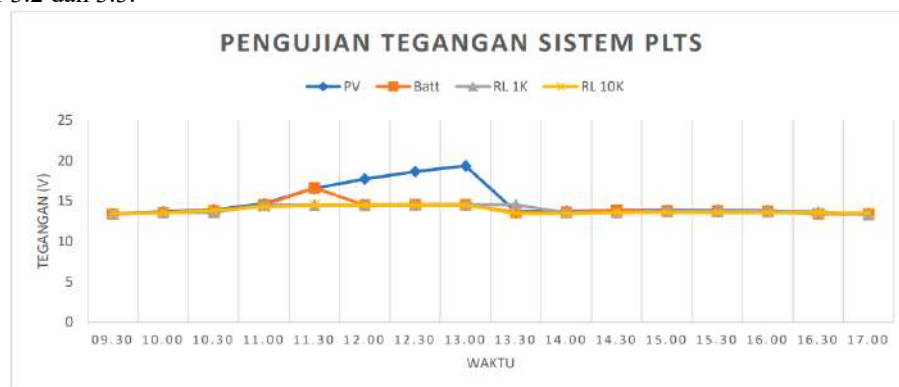


Gambar 3.1 Hasil pembuatan alat penetas telur

Rangka dibuat menggunakan aluminium profile sesuai dengan rancangan. Batang aluminium profile dipotong menyesuaikan ukuran dan disatukan menggunakan siku braket, baut dan T-nut. Jumlah rak yang dapat ditampung adalah 16 rak dengan jumlah maksimal 480 telur. Linear aktuator memungkinkan rak berubah posisi 15°, 0°, dan 245°.

3.2 Pengujian sistem PLTS

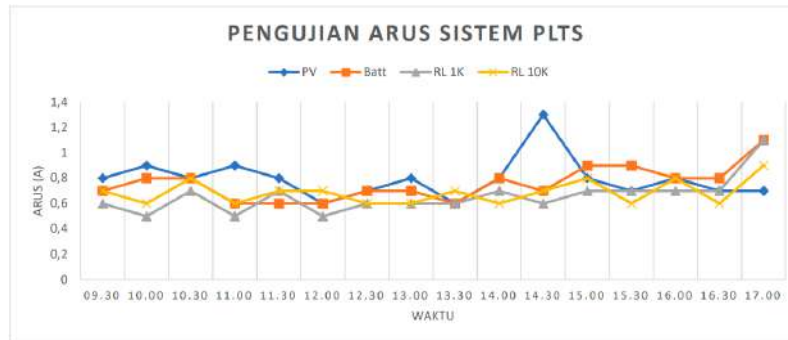
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari sistem PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya). Pengujian ini dilakukan dengan cara menempatkan panel surya (PV) di bawah sinar matahari, kemudian panel surya dihubungkan dengan SCC dan baterai (Batt). Pada sisi luaran SCC, digunakan beban berupa resistor (RL) dengan nilai 1K dan 10K Ohm. Parameter yang diukur adalah arus dan tegangan sesuai diagram pengujian. Nilai arus dan tegangan dirata-ratakan (Avg) untuk dijadikan referensi pada perhitungan. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 3.2 dan 3.3.



Gambar 3.2 Pengujian tegangan PLTS

Gambar 3.2 menunjukkan grafik pengujian tegangan dan arus pada sistem PLTS. Dilihat bahwa tegangan maksimum pada sisi luaran PV maksimal pada pukul 13.00 sebesar 19.37 V dan minimum pada pukul 13.47 pada pukul 9.30, 16.30, dan 17.00.

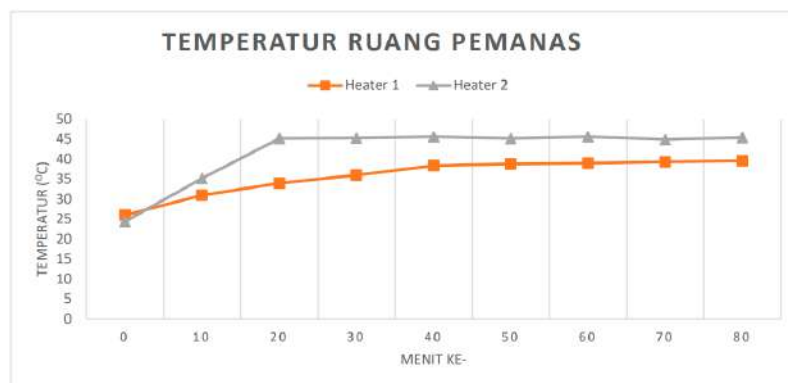
Gambar 3.3 menunjukkan grafik arus tertinggi pada pukul 14.30 sebesar 1.3 A, dan minimum 0.6 A pada pukul 12.00. Pada sisi baterai, tegangan berkisar antara 13.38 V hingga 16.64 V. Pada sisi beban, tidak ada perbedaan yang signifikan antara beban dengan nilai 1K dan 10 K dengan nilai tegangan antara 13.3 V hingga 14.56 V dan arus antara 0.5 A hingga 1.1 A.



Gambar 3.3 Pengujian arus PLTS

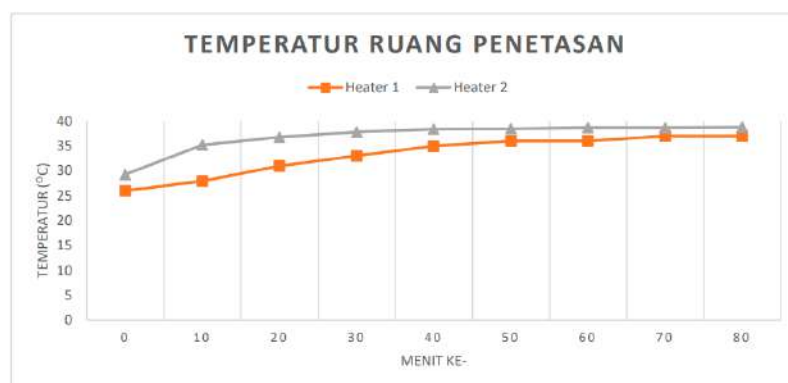
3.3 Pengujian Suhu dan Kelembaban

Pengujian ini bertujuan untuk melihat kinerja dari pemanas atau heater yang digunakan dan untuk mengetahui waktu yang diperlukan pemanas untuk menaikkan suhu hingga mencapai nilai yang ditetapkan. Suhu yang diukur adalah suhu pada ruang pemanas dan suhu pada ruang penetasan. Selain itu dilakukan juga pengujian untuk mengukur kelembaban pada ruang penetasan. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengatur waktu pengujian hingga 80 menit, kemudian suhu pada ruang pemanas dan penetasan diukur dan dicatat setiap 10 menit. Selain itu kelembaban ruang penetasan juga diukur. Hasilnya diperlihatkan pada Gambar 3.4, 3.4, dan 3.6.



Gambar 3.4 Pengujian temperatur ruang pemanas

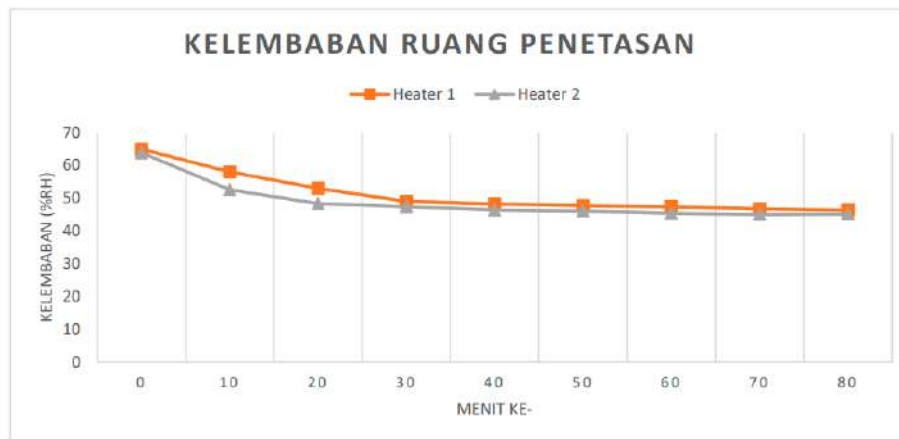
Gambar 3.4 menampilkan perbandingan kenaikan suhu ruang pemanas untuk heater 1 dan heater 2. Heater 1 pada menit ke 80 hanya mencapai suhu 39.6 °C sedangkan heater 2 mencapai 45.4 °C. Untuk laju pemanasan, heater 2 memiliki laju pemanasan yang lebih tinggi dibanding heater 2 dengan laju pemanasan heater 2 dari suhu 24.4 °C ke 35.2 °C dicapai dalam waktu 10 menit, sedangkan heater 1 dari suhu 26 °C ke 36 °C memerlukan waktu 30 menit.



Gambar 3.5 Pengujian temperatur ruang pemanasan

Grafik pada Gambar 3.5 menunjukkan bahwa heater 1 memiliki keunggulan dalam hal kinerja pemanasan dibandingkan dengan heater 2. Meskipun heater 2 mencapai suhu maksimum yang sedikit lebih tinggi (38.8°C dibandingkan 37°C pada menit ke-80), heater 1 mampu mencapai suhu 35°C dalam waktu yang lebih singkat, yaitu 30 menit, sedangkan heater 2 membutuhkan waktu 10 menit lebih lama untuk mencapai suhu yang sama.

Selain itu, heater 1 memulai pemanasan dari suhu awal yang sedikit lebih rendah (28°C dibandingkan 29.3°C pada heater 2).



Gambar 3.6 Pengujian kelembaban ruang penetasan

Grafik pada Gambar 3.6 memperlihatkan bahwa kedua heater mampu menurunkan tingkat kelembaban di dalam ruang penetasan. Namun, heater 2 menunjukkan kinerja yang sedikit lebih baik. Heater 2 berhasil menurunkan kelembaban hingga mencapai 45.2% RH, sedangkan heater 1 hanya mampu menurunkan kelembaban hingga 46.4% RH. Berdasarkan hasil pengujian suhu dan kelembaban secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa heater 2 lebih optimal untuk digunakan dalam sistem penetasan.

3.4 Pengujian Penggunaan Daya pada Sistem Penetas Telur

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai daya yang digunakan oleh sistem penetas telur. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur daya pada komponen yang digunakan khusus pada komponen yang menggunakan sumber tegangan AC, kemudian menjumlahkan hasilnya untuk mendapatkan daya total. Nilai daya didapatkan dari pengukuran arus dan tegangan. Pada pengujian ini komponen yang diuji adalah heater dan catu daya. Heater yang diuji adalah heater 1 dan heater 2. Sedangkan catu daya yang diuji berjumlah 2 unit. Daya yang didapatkan diasumsikan bahwa pemanas dalam kondisi aktif selama proses berlangsung. Hasil yang didapatkan adalah heater 1 membutuhkan daya sebesar 201 W, untuk heater 2 membutuhkan daya sebesar 949 W dan masing-masing catu daya membutuhkan daya 20.3 W. Sehingga daya (P) total adalah:

$$P_{\text{heater}} = P_{\text{heater}} + P_{\text{catu daya1}} + P_{\text{catu daya2}} \quad (1)$$

$$P_{\text{heater1}} = 201 + 20.3 + 20.3 = 241.6 \text{ watt}$$

$$P_{\text{heater2}} = 919 + 20.3 + 20.3 = 989.6 \text{ watt}$$

3.5 Pengujian Penggunaan Daya pada Sistem Penetas Telur

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai daya yang digunakan oleh sistem penetas telur. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur daya pada komponen yang digunakan khusus pada komponen yang menggunakan sumber tegangan AC, kemudian menjumlahkan hasilnya untuk mendapatkan daya total. Nilai daya didapatkan dari pengukuran arus dan tegangan. Pada pengujian ini komponen yang diuji adalah heater dan catu daya. Heater yang diuji adalah heater 1 dan heater 2. Sedangkan catu daya yang diuji berjumlah 2 unit. Daya yang didapatkan diasumsikan bahwa pemanas dalam kondisi aktif selama proses berlangsung. Hasil yang didapatkan adalah heater 1 membutuhkan daya sebesar 201 W, untuk heater 2 membutuhkan daya sebesar 949 W dan masing-masing catu daya membutuhkan daya 20.3 W. Sehingga daya (P) total adalah:

3.6 Perhitungan Daya Sistem PLTS

Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui lama pengisian baterai pada sistem PLTS. Parameter yang digunakan adalah spesifikasi baterai adalah 12V 7.2 AH sebanyak 2 buah baterai yang dipasang seri, sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas total baterai} &= \text{jumlah baterai} \times \text{kapasitas baterai} \\ &= 2 \times 7.2 \text{ AH} = 14.4 \text{ AH} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} P_{\text{Baterai}} &= \text{tegangan} \times \text{kapasitas total baterai} \\ &= 12 \times 14.4 \text{ AH} = 172.8 \text{ AH} \end{aligned} \quad (3)$$



Arus rata-rata pengisian baterai adalah $I = 0.76$ A dengan tegangan nominal pengisian baterai adalah $V = 13.6$ Volt, sehingga daya pengisian (P) adalah:

$$P_{\text{Pengisian Baterai}} = V \times I \quad (4)$$

$$= 13.6 \text{ V} \times 0.76 \text{ A} = 10.336 \text{ W}$$

Sehingga waktu yang diperlukan untuk mengisi baterai dari kosong hingga penuh adalah:

$$\text{Waktu pengisian} = \frac{P_{\text{baterai}}}{P_{\text{pengisian}}} \quad (5)$$

$$= \frac{172.2}{10.336} = 16.72 \text{ jam}$$

Jika waktu efektif penyinaran matahari per hari adalah 5 jam, maka lama pengisian adalah:

$$\text{Waktu pengisian(hari)} = \frac{\text{waktu pengisian}}{\text{waktu efektif penyinaran}} \quad (6)$$

$$= \frac{16.72}{5} = 3.33 \text{ hari, dibulatkan menjadi 4 hari}$$

3.7 Perhitungan Daya Tahan Sistem PLTS

Pada perhitungan ini, nilai daya yang didapatkan akan disesuaikan dengan sistem inverter yang digunakan. Perhitungan hanya menggunakan hasil dari pemakaian heater 1 yaitu 241.6 W, karena inverter yang digunakan hanya memiliki kapasitas 500 W. Sehingga daya tahan sistem PLTS atau back up time berdasarkan persamaan 7 adalah:

$$\text{Back up time} = \frac{P_{\text{baterai}}}{P_{\text{total (heater1)}}} \quad (7)$$

$$= \frac{172.8}{241.6} = 0.175 \text{ jam atau 43 menit}$$

3.8 Biaya Pemakaian Listrik PLN

Perhitungan ini menggunakan Tarif Dasar Listrik sebesar Rp. 1.4444,70/kWH. Daya yang dihitung adalah untuk heater 1 dan heater 2. Lama pemakaian ditentukan berdasarkan waktu penetasan telur yaitu 21 hari atau 504 jam. Sehingga biaya penggunaan listrik untuk heater 1 adalah:

$$\text{Biaya} = \text{Daya}_{\text{heater1}} \times \text{Lama pemakaian} \times \text{biaya per kWh} \quad (8)$$

$$= 0.2146 \text{ kW} \times 504 \text{ jam} \times \text{Rp. 1444.70}$$

$$= \text{Rp. 179192.49}$$

Sedangkan biaya untuk penggunaan heater 2 adalah:

$$\text{Biaya} = \text{Daya}_{\text{heater2}} \times \text{Lama pemakaian} \times \text{biaya per kWh} \quad (9)$$

$$= 0.9896 \text{ kW} \times 504 \text{ jam} \times \text{Rp. 1444.70}$$

$$= \text{Rp. 720556.26}$$

Biaya yang didapatkan tersebut adalah dengan asumsi bahwa heater aktif terus menerus. Namun pada kenyataannya heater akan tidak aktif saat suhu pada ruang pemanas sudah mencapai nilai yang diatur

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

1. Pada pengujian panel surya, hasil yang didapatkan adalah tegangan maksimum pada sisi luaran PV maksimal pada pukul 13.00 sebesar 19.37 V dan minimum pada pukul 13.47 pada pukul 9.30, 16.30, dan 17.00. Sedangkan arus paling tinggi pada pukul 14.30 sebesar 1.3 A, dan minimum 0.6 A pada pukul 12.00. Pada sisi baterai, tegangan berkisar antara 13.38 V hingga 16.64 V. Pada sisi beban, tidak ada perbedaan yang signifikan antara beban dengan nilai 1K dan 10 K dengan nilai tegangan antara 13.3 V hingga 14.56 V dan arus antara 0.5 A hingga 1.1 A.
2. Pengujian ruang pemanas didapatkan perbandingan kenaikan suhu ruang pemanas untuk heater 1 dan heater 2. Heater 1 pada menit ke 80 hanya mencapai suhu 39.6 °C sedangkan heater 2 mencapai 45.4 °C. Untuk laju pemanasan, heater 2 memiliki laju pemanasan yang lebih tinggi dibanding heater 2 dengan laju pemanasan heater 2 dari suhu 24.4 °C ke 35.2 °C dicapai dalam waktu 10 menit, sedangkan heater 1 dari suhu 26 °C ke 36 °C memerlukan waktu 30 menit.





3. Pengujian ruang penetasan, pada menit ke 80 heater 1 hanya mencapai 37 °C sedangkan heater 2 mencapai 38.8 °C. Laju pemanasan pada heater 2 dari suhu 29.3 °C ke 35.2 °C dicapai dalam waktu 10 menit, sedangkan heater 1 dari suhu 28 °C ke 35 °C dicapai dalam waktu 30 69 menit.
4. Pada pengujian kelembaban ruang penetasan menunjukkan bahwa kelembaban turun mencapai 46.4 %RH pada heater 1 dan 45.2 %RH pada heater 2.
5. Penggunaan daya listrik untuk heater 1 adalah 241.6 W, dengan total biaya Rp. 180.000,00 untuk satu kali proses penetasan. Pemanas 1 dapat di backup oleh sistem PLTS selama 43 menit.
6. Penggunaan daya listrik untuk heater 2 adalah 989.6 W, dengan total biaya Rp. 721.000,00 untuk satu kali proses penetasan.
7. Pada sistem PLTS, kapasitas baterai adalah 172.8 WH dengan waktu pengisian hingga baterai penuh adalah 4 hari.

4.2 Saran

Penelitian selanjutnya agar ditambahkan pengujian penetasan secara langsung untuk mengevaluasi kinerja keseluruhan dari sistem yang telah dibuat. Penambahan sistem berbasis IoT juga perlu ditambahkan untuk memudahkan pemantauan proses penetasan telur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS, "Produksi Daging Ayam Ras Pedaging menurut Provinsi," <https://www.bps.go.id/>.
- [2] sulselprov.go.id, "Data Statistik Sektoral Dinas Peternakan," sulselprov.go.id.
- [3] D. Jufril, Darwison, B. Rahmadya, and Derisma, "Implementasi Mesin Penetas Telur Ayam Otomatis Menggunakan Metoda Fuzzy Logic Control," *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, pp. 1–6, 2015.
- [4] Syafik, K. Joni, and A. Fiqhi Ibadillah, "Rancang Bangun Alat Penetas Telur Ayam Otomatis Dengan Metode PID (Proportional Integral Derivative) Berbasis Energy Hybrid".
- [5] L. K. S. Tolentino, E. J. G. E. Enrico, R. L. M. L. Listanco, M. A. M. R. Ramirez, T. L. U. R. Renon, and M. R. B. S. Samson, "Development of Fertile Egg Detection and Incubation System Using Image Processing and Automatic Candling," *Proceedings of TENCON 2018 : 2018 IEEE Region 10 Conference*, 2018.
- [6] Ridwan Nugroho, Sugeng Santoso, Rizki Firmansyah, Hardika Alip Bazari, and Rico Agung, "Rancang Bangun Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Microcontroler Atmega16 Menggunakan Sensor LM35," *Jurnal Of Information System Management*, vol. 1, no. 1, pp. 23–26, 2019.
- [7] M. A. Kabir and M. A. Abedin, "Design and Implementation of a Microcontroller Based Forced Air Egg Incubator," *International Conference on Advancement in Electrical and Electronic Engineering*, 2018.
- [8] D. A. Thomas, C. Reji, J. Joys, and S. Jose, "Automated Poultry Farm with Microcontroller based Parameter Monitoring System and Conveyor Mechanism," *Proceedings of the International Conference on Intelligent Computing and Control Systems*, 2020.
- [9] A. A. Aldair, A. T. Rashid, and M. Mokayef, "Design and Implementation of Intelligent Control System for Egg Incubator Based on IoT Technology," *Proceedings of 2018 4th International Conference on Electrical, Electronics and System Engineering*, pp. 49–54, 2018.
- [10] F. Wahyu. Wibowo, "The Development of Quail Eggs Smart Incubator for Hatching System based on Microcontroller and Internet of Things (IoT)," *2018 International Conference on Information and Communications Technology*, pp. 407–411, 2018.

