

# Perancangan Dan Realisasi Alat Penetas Telur Dengan Catu Daya Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Arduino Uno R3

TAUFIK ISMAIL AR<sup>1</sup>, NASRUN HARIYANTO<sup>1</sup>, WALUYO<sup>1</sup>

1. Institut Teknologi Nasional Bandung  
Email: taufikismailar@yahoo.com

## ABSTRAK

*Seiring dengan perkembangan industri-industri kecil yang tersebar di seluruh pelosok nusantara ini khususnya industri peternakan unggas, maka industri ini dituntut untuk menghasilkan unggas yang berkualitas. Oleh karena itu dibuatlah alat penetas telur untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas dari anak unggas tersebut. Alat penetas telur ini bekerja secara otomatis mengendalikan suhu dengan sensor DHT11 sesuai dengan suhu penetasan yaitu 38-39°C dan membolak-balikan telur dengan Motor Servo selama 3 jam sekali sebesar 60 derajat. Semua dikendalikan dengan Arduino Uno R3. Pada saat ini, lebih dari 10 persen energi listrik dikonsumsi dalam bentuk DC dan diperkirakan dimasa yang akan datang banyak peralatan elektronik menggunakan sumber arus DC. Maka dipilihlah Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai catu dayanya. Alat penetas ini membutuhkan daya sebesar 493,23 Wh per-hari, sehingga diperlukan panel surya berkapasitas 120 Wp dan kapasitas baterai yang dibutuhkan adalah 51,378 Ah. Solar Charge Controller harus memiliki kapasitas minimal 14,4 A.*

**Kata kunci:** Alat Penetas Telur, DHT11, Motor Servo, Arduino Uno R3, PLTS

## ABSTRACT

*The development of small industries scatter across the archipelago is especially poultry industry. The industry is required to produce a good quality poultry, for it makes egg incubator tools to improve quality and quantity of the poultry child. Designed an egg incubator tool worked automatically to control the temperature by DHT11 sensor according to the hatchery temperature was 38-39°C flipping back the egg with Servo Motors three hours once as much as 60 degrees. All parameters was controlled by Arduino Uno R3. At this time, more than 10 percent of the electrical energy consumed in the form of DC and expected future many electronic devices use DC current source. Then, the addition Solar Power Plant as that source of power supply was selected. The Egg incubator tool required a power of 493,23 Wh, so that necessary solar panel was 120Wp capacity and battery capacity was required as 51,378 Ah. The Solar Charge Controller had to a minimum capacity of 14, 4 A*

**Keywords:** Tool Egg Incubator, DHT11, Servo Motors, Arduino Uno R3, Solar Power Plant

## 1. PENDAHULUAN

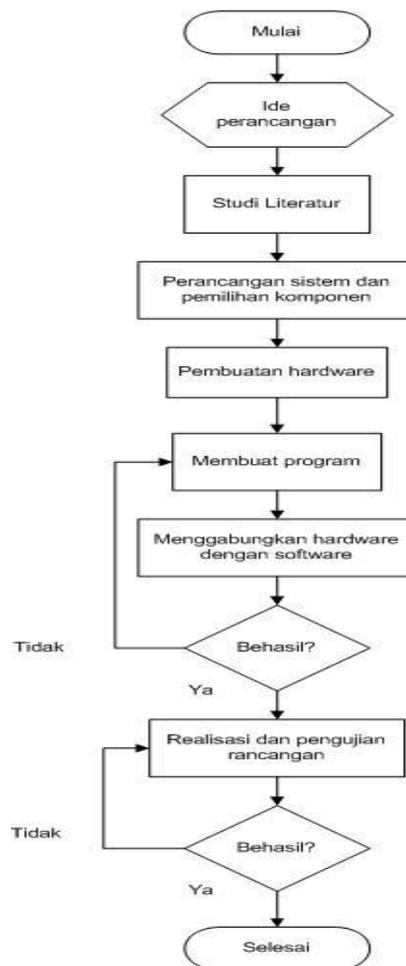
Usaha penetasan telur sangat penting untuk meningkatkan hasil produksi unggas, telur yang dapat ditetaskan oleh induk unggas relatif sedikit. Keadaan sesungguhnya induk unggas merupakan pengendali suhu dan kelembaban pada telur yang dierami, akan tetapi pada kenyataannya induk unggas susah dikontrol, hal ini membuat telur mengalami gagal dalam penetasan dan banyaknya telur yang dierami terbatas, untuk itu diperlukan alat penetas telur agar dapat meningkatkan produktivitas penyediaan bibit unggas. Namun pada umumnya satu alat tetas hanya dapat menetas satu jenis telur saja karena adanya perbedaan suhu dan kelembaban yang dibutuhkan untuk dapat menetas telur **(Hermawan, 2012)**.

Pada saat ini, lebih dari 10% energi listrik dikonsumsi dalam bentuk DC dan diperkirakan dimasa yang akan datang banyak peralatan elektronik menggunakan sumber arus DC, maka dipilihlah Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai catu dayanya. Hal ini dikarenakan energi surya merupakan energi yang mudah didapatkan tersedia sepanjang tahun, tidak mengakibatkan polusi dan umur pemakaiannya relatif lama serta banyak lagi keuntungan lainnya **(Anugrah, 2015)**.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Langkah Penelitian

Metodologi penelitian secara umum tahapan tertuang dalam bagan pada Gambar 1 berikut.



**Gambar 1. Bagan Alur Pengerjaan**

## **2.2 Penetasan Telur Unggas**

Penetasan telur dapat dilakukan secara alamiah yaitu dengan dierami oleh induknya dan dapat pula dilakukan dengan inkubator. Jika penetasan telur dilakukan pada induknya, jumlah telur yang dapat ditetaskan terbatas, yaitu paling banyak 7-15 butir. Tetapi, penetasan telur dengan inkubator dapat mencapai ratusan bahkan hingga ribuan butir telur dalam sekali penetasan.

### **Syarat-syarat Alat Penetasan Telur**

#### 1. Suhu

Embrio dalam telur unggas akan cepat berkembang selama suhu telur berada pada kondisi yang sesuai dan akan berhenti berkembang jika suhunya kurang dari yang dibutuhkan. Suhu yang dibutuhkan untuk penetasan telur setiap unggas berbeda-beda. Suhu untuk perkembangan embrio dalam telur ayam antara 38,33- 40,55° C itik 37,78-39,45° C, puyuh 39,5° C dan walet 32,22-35°C Untuk itu, sebelum telur tetas dimasukkan ke dalam bok penetasan suhu ruang tersebut harus sesuai dengan yang dibutuhkan.

#### 2. Kelembaban.

Selama penetasan berlangsung, diperlukan kelembaban udara yang sesuai dengan perkembangan dan pertumbuhan embrio, seperti suhuan kelembaban yang umum untuk penetasan telur setiap jenis unggas juga berbeda-beda. Bahkan, kelembaban pada awal penetasan berbeda dengan hari-hari selanjutnya. Kelembaban untuk telur ayam pada saat awal penetasan sekitar 50-55% dan menjelang menetas sekitar 60-70%, itik pada minggu pertama 70% dan minggu selanjutnya 60-65%, puyuh minggu pertama 55-70% selanjutnya 65% dan walet 65-70% pada setiap minggunya.

#### 3. Ventilasi.

Dalam perkembangan normal, embrio membutuhkan oksigen dan mengeluarkan karbondioksida melalui pori-pori kerabangtelur. Untuk itu, dalam pembuatan alat penetas telur/mesin tetas harus diperhatikan cukup tidaknya oksigen yang ada dalam bok/ruangan, karena jika tidak ada oksigen yang cukup dalam bok/ruangan dikhawatirkan embrio gagal berkembang.

#### 4. Pemutar Telur

Selama telur tetas ada di dalam ruang *setter*/inkubator (umur 4-18 hari), telur harus diputar 90° setiap minimal 6 jam sekali. Hal ini dilakukan agar embrio tidak menempel pada kulit telur. Pemutaran harus dilakukan perlahan-lahan, karena bila terlalu cepat maka akan timbul guncangan yang dapat menyebabkan embrio menempel pada kulit telur. Selain itu arah putaran harus searah agar membantu proses sirkulasi udara dan panas.

#### 5. Waktu Penetasan Telur.

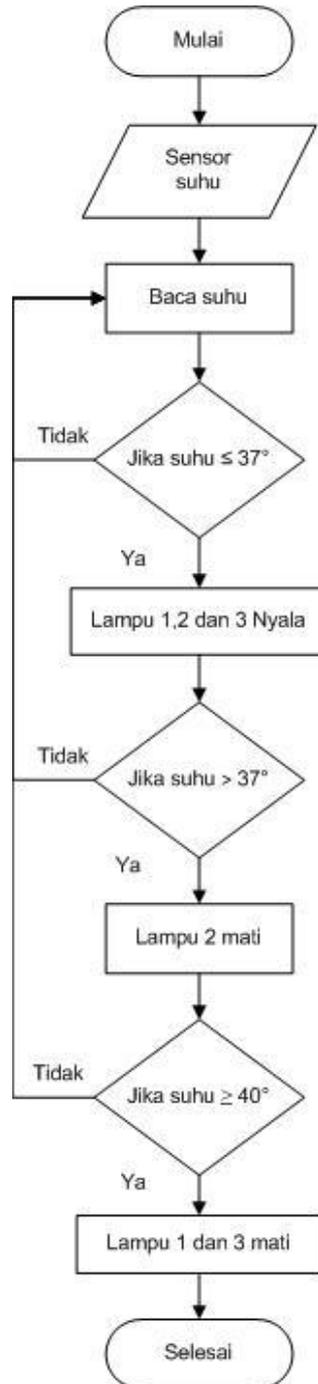
Penetasan telur biasanya diperlukan waktu sekitar 21 hari untuk menetas (**Firman, 2010**).

## **2.3 Alat Penetas Telur**

Alat penetas telur adalah ruangan tertutup yang dipanasi dengan aliran listrik atau pemanas buatan lainnya yang dipakai untuk mengerami dan menetas telur. Pengeraman dengan alat penetas dilakukan oleh peternak biasanya karena telur yang ditetaskan relatif banyak. Peternak yang bermodal besar biasanya lebih memilih menggunakan alat penetas karena lebih efektif dan efisien. Biasanya alat penetas telur dilengkapi dengan pemanas, pemutar telur, dan sensor suhu sehingga suhu yang terdapat pada alat penetas telur dapat distabilkan (**Jasa, 2006**).

## 2.4 Perancangan Alat Penetas Telur

Perancangan alat penetas telur dengan sumber dari panel surya sebagai suplai beban, arduino uno R3 akan mengontrol alat penetas telur dan menampilkan data suhu dan kelembaban pada LCD. Panel surya menjadi sumber energi bagi alat penetas, energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya akan disimpan di baterai dan sebagian akan digunakan yang diatur oleh *solar charge controller* atau *regulator*. Alat penetas telur ini bekerja secara otomatis mengendalikan suhu sesuai dengan suhu penetasan yaitu 38-39°C dan membolak-balikan telur 3 jam sekali. Ukuran box tetas adalah 30cm x 25cm x 25cm dengan bahan dari multiplex.

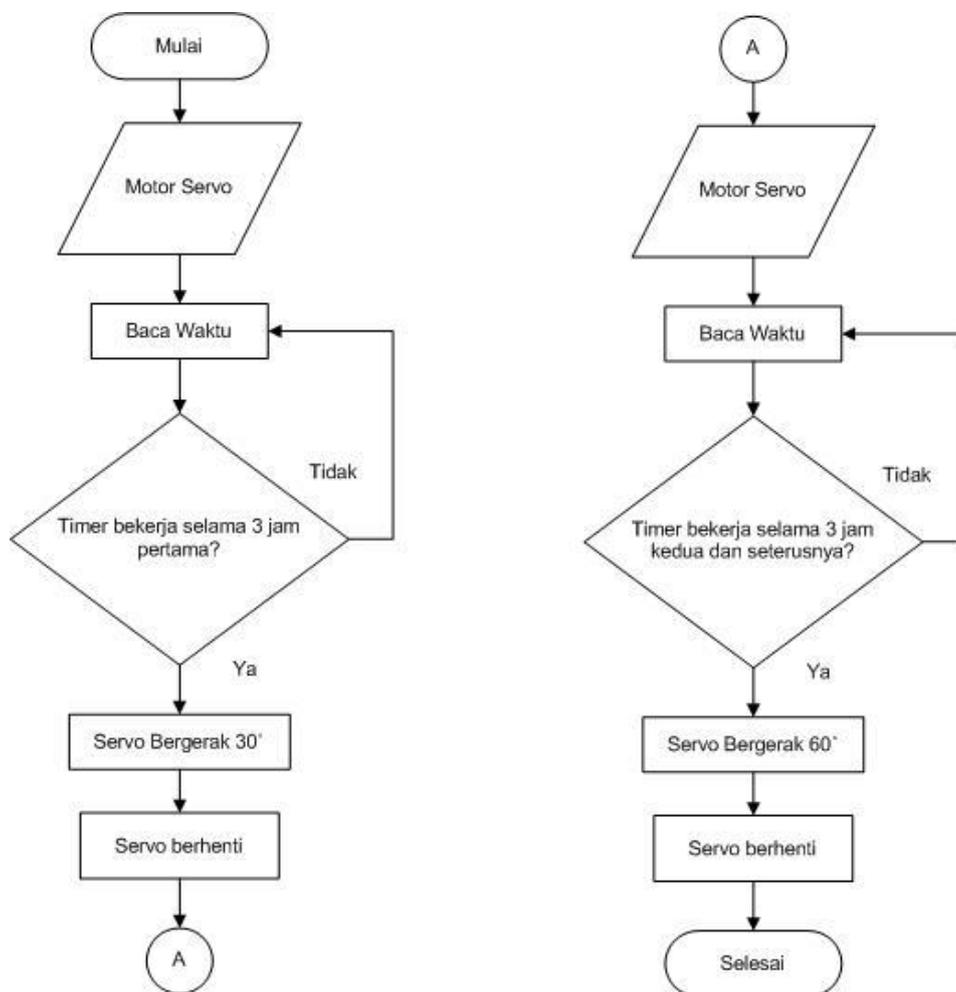


Gambar 2. Diagram Alir Program Pengendali Suhu

Gambar 2 adalah diagram alir pemrograman kendali suhu dengan menggunakan arduino uno R3 sebagai pengendali, setelah listing program dibuat dan dimasukkan ke arduino uno R3, akan membaca nilai besaran suhu yang dihasilkan dari sensor DHT11. Suhu  $37^{\circ}\text{C}$  merupakan batas bawah suhu dan  $40^{\circ}\text{C}$  merupakan batas atas suhu. Kemudian arduino uno R3 akan memberikan perintah sesuai dengan program yang telah dibuat. Adapun perintah yang diberikan adalah sebagai berikut:

1. Kondisi pertama ketika suhu kurang dari  $37^{\circ}\text{C}$  maka ketiga lampu menyala.
2. Kondisi kedua jika suhu lebih besar dari  $37^{\circ}\text{C}$  maka dua lampu menyala yaitu lampu 1 dan lampu 3, sementara lampu 2 mati, dan
3. Kondisi ketiga jika suhu lebih besar atau sama dengan  $40^{\circ}\text{C}$  maka satu lampu menyala yaitu lampu 2, sementara lampu 1 dan lampu 3 mati.

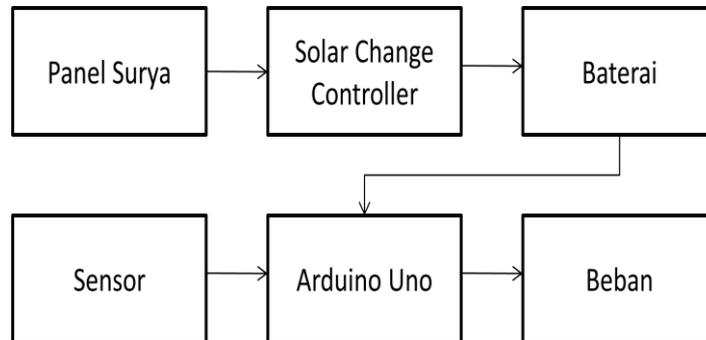
Jika program telah terpenuhi maka program selesai.



**Gambar 3. Diagram Alir Program Pengendali Motor**

Gambar 3 merupakan diagram alir pemrograman motor pengendali rak telur, dimana motor servo bergerak berdasarkan waktu. Motor servo bergerak setiap 3 jam sekali. Jika timer sudah mencapai 3 jam maka motor servo akan bergerak  $30^{\circ}$  kemudian motor berhenti. Dan bergerak lagi setelah 3 jam berikutnya sebesar  $60^{\circ}$ , bergerak berlawanan arah dari arah sebelumnya begitu seterusnya. Jika program telah terpenuhi maka program selesai.

## 2.5 Diagram Blok Sistem



**Gambar 4. Diagram blok sistem**

Gambar 4 menunjukkan diagram blok dari sistem yang dirancang, adapun komponen penyusunnya adalah sebagai berikut.

1. Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya untuk menyerap atau menyimpan energi cahaya matahari yang kemudian menjadi pembangkitan listrik sebagai sumber catu daya.
2. *Solar charge controller* digunakan sebagai kontrol pengisian baterai dari energi yang dihasilkan panel surya.
3. Modul arduino uno berfungsi untuk mengatur kerja keseluruhan sistem alat penetas telur, yaitu mengatur suhu, mengendalikan motor servo, dan relay sebagai kontak lampu DC.
4. Modul sensor DHT 11 berfungsi sebagai sensor suhu dan kelembaban lalu data ditampilkan pada LCD dengan pemrograman dari arduino uno r3.
5. Beban terdiri dari lampu DC, motor servo, sensor DHT11 dan LCD.

## 2.6 Pengujian Perangkat Sistem

Pengujian perangkat sistem bertujuan untuk menguji rancangan sistem yang telah dibuat apakah sudah sesuai dengan yang diinginkan atau belum. Rancangan ini berhasil apabila sudah bisa mengendalikan suhu dan kelembaban sebesar nilai yang diinginkan, mengendalikan motor servo sesuai dengan yang diinginkan dan nilai sensor yang digunakan bisa ditampilkan pada LCD yang dipasang pada alat penetas telur.

## 3. PENGUJIAN DAN ANALISIS

### 3.1 Perhitungan Kebutuhan Lampu

Untuk mengetahui kebutuhan daya lampu yang dibutuhkan untuk alat penetas ini dapat dihitung dengan pendekatan sebagai berikut :

Diketahui :

Kalor jenis udara (c) : 1000 J/kg°C

Massa jenis udara (m): 1,2 kg/m<sup>3</sup>

Volume (v) : 25cm x 25cm x 30cm = 18750cm<sup>3</sup> = 0,01875m<sup>3</sup>

Jadi,

$$m = \text{massa jenis udara} \times \text{volume}$$

$$= 1,2 \times 0,018750$$

$$= 0,0225 \text{ kg}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 0,0225 \times 1000 \times (40 - 27)$$

$$= 202,5 \text{ J}$$

$$Q = W$$

$$W = P \times t$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{202,5}{10 \text{ detik}} = 20,25 \text{ Watt}$$

Dengan demikian maka dipilihlah 2 lampu berdaya 10 watt sebagai sumber pemanas utama dan 1 lampu berdaya 8 watt sebagai penstabil suhu dan kelembaban.

### 3.2 Pengujian Alat Penetas Telur

Secara umum, pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah alat yang dibuat dapat bekerja sesuai dengan spesifikasi perencanaan yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kerja perangkat keras pada masing-masing blok rangkaian penyusun sistem. Berikut ini untuk hasil dari pengujian pertama pada sensor suhu dan kelembaban DHT11 dengan mengambil *sample* data dua hari dan dicatat pada tiap jam selama 6 jam, data tersebut ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

**Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor**

(a)			(b)		
Jam	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Jam	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
09.00	38	53	09.00	38	55
10.00	39	55	10.00	39	54
11.00	38	51	11.00	38	53
12.00	38	52	12.00	38	53
13.00	38	53	13.00	38	52
14.00	38	54	14.00	38	52
15.00	38	51	15.00	39	53

Tabel 1 (a) menunjukkan hasil pengujian pada hari pertama dan Tabel 1 (b) menunjukkan hasil pengujian pada hari kedua. Kedua tabel menunjukkan bahwa suhu dan kelembaban yang didapat sesuai dengan yang direncanakan dan alat dapat bekerja dengan baik. Hal ini dapat dilihat dari nilai suhu dan kelembaban yang sesuai dari suhu penetasan telur ayam.

**Tabel 2. Hasil Pengujian Relay**

Suhu (°C)	Lampu 1 (10 watt)	Lampu 2 (8 watt)	Lampu 3 (10 watt)
$T < 37^\circ$	ON	ON	ON
$38^\circ \geq T \leq 39^\circ$	ON	OFF	ON
$T \geq 40^\circ$	OFF	ON	OFF

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian bahwa relay bekerja sesuai dengan program yang dibuat yang dimasukkan ke arduino uno R3 sebagai pengendalinya.

Untuk pengujian motor servo sebagai penggerak rak telur dilakukan selama 6 jam sebagai *sample*.

**Tabel 3. Hasil Pengujian Motor Servo**

Jam	Bergerak 60°	
	Depan	Belakang
12.00	✓	
15.00		✓

Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian motor servo dan dapat diketahui bahwa motor servo bergerak setiap 3 jam sekali sebesar 60° sesuai dengan program yang dibuat.

### 3.3 Perhitungan Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Perhitungan Total Kebutuhan Daya

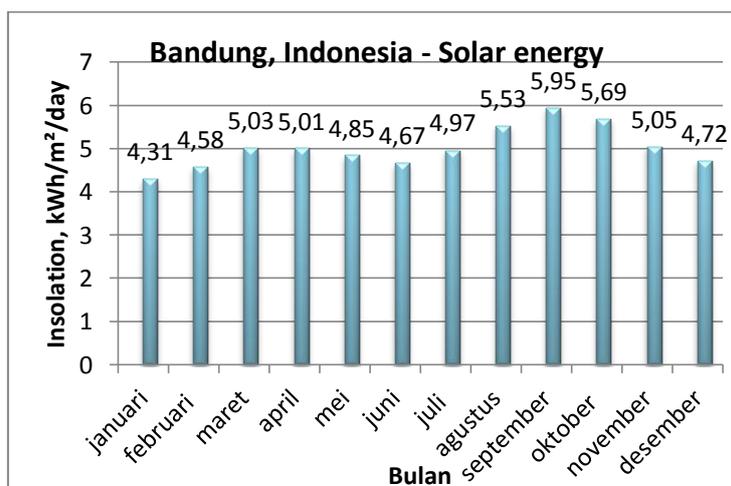
Tabel 4 menunjukkan total beban atau kebutuhan daya dari alat penetas telur.

**Tabel 4. Perhitungan Total Kebutuhan Daya**

Waktu (jam)	Beban	Daya (W)	Jumlah	Total Energi (Wh)
24 jam	Lampu 10watt	10	2	480
1 jam	Lampu 8 watt	8	1	8
24 jam	arduino	0,2	1	4,8
1 jam	Motor servo	0,04	1	0.04
24 jam	LCD 16x2	0,014	1	0.33
24 jam	DHT11	0,0025	1	0.06
<b>TOTAL ENERGI / HARI</b>				493,23

Perhitungan Panel Surya

Untuk perhitungan kapasitas panel surya diperlukan insolasi matahari yang diambil dari sample data dan dipakai insolasi terendah guna untuk memaksimalkan kerja dari PLTS (**Novitasari, 2013**). Kapasitas panel surya yang dipakai adalah 100Wp. Adapun kurva insolasi nya dapat dilihat pada gambar 5.



**Gambar 5. kurva Insolasi Matahari (Gaisma, 2012)**

$$\text{Kapasitas panel surya} : \frac{ET}{\text{insolasi matahari}} = \frac{493,23Wh}{4,31} = 114,43Wp$$

$$\text{Jumlah panel surya} : \frac{114,43Wp}{100Wp} = 1,14 \approx 2 \text{ panel}$$

Perhitungan Baterai

Baterai yang digunakan adalah baterai dengan tegangan 12V dengan kapasitas 60 Ah. Asumsi pemakaian baterai dengan DOD (Deep of Discharge) adalah 80% (**Taufiq, 2010**). maka :

$$\text{Kapasitas baterai: } \frac{E_T}{V_s} = \frac{493,23Wh}{12V} = 41,1025Ah$$

$$Cb = \frac{Ah \times d}{DOD} = \frac{41,1025 \times 1}{0,8} = 51,3781Ah$$

$$\text{Jumlah Baterai: } \frac{51,3781Ah}{60Ah} = 0,85 \approx 1 \text{ baterai}$$

Menghitung Kebutuhan *Solar Charge Controller*

Diketahui dari spesifikasi panel surya bahwa arus *short circuit* ( $I_{sc}$ ) adalah 7,42 A. Nilainya dikalikan dengan jumlah panel surya, hasilnya merupakan nilai berapa nilai minimal dari *charge controller* yang dibutuhkan.

$$2 \times 7,42 = 14,4$$

Jadi *Solar Charge Controller* harus memiliki daya minimal 14,4 A.

### 3.3 Pengujian Panel Surya

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya dan kapasitas baterai pada saat dipasang beban.

Pengujian panel surya

Pada penelitian ini menggunakan 1 panel surya 100 Wp dengan spesifikasi yang ditunjukkan pada tabel 5 sebagai berikut.

**Tabel 5. Spesifikasi Panel Surya**

Vpm (V)	Ipm (A)	Isc (A)	Voc (V)
16.05	6.29	7.42	21.8

Pengujian panel surya dilakukan pada tanggal 16 Juni 2015 di lapangan Itenas, dengan data hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 6 sebagai berikut.

**Tabel 6. Data Pengujian Panel Surya**

Waktu Pengamatan	Tegangan (V)	Arus (A)	Cuaca
10.00	12,53	3.60	Cerah
11.00	12.55	3.62	Cerah
12.00	13.19	5.07	Cerah
13.00	14.23	5.17	Cerah
14.00	13.04	3.23	Mendung
15.00	12.63	3.03	Mendung

Pengujian Baterai

Pada penelitian ini menggunakan 1 baterai 12 volt, 60 Ah. Dengan data hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 7 sebagai berikut.

**Tabel 7. Data Pengujian Baterai**

Kondisi	Tegangan Baterai (V)
Tidak berbeban	12,3
Berbeban	11,9

### 3.4 Analisis

Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa waktu yang diperlukan alat penetas yang dirancang untuk mencapai suhu dan kelembaban yang diinginkan yaitu sekitar 38 - 40°C dan 50 - 55% untuk penetasan telur ayam adalah 5 menit 40 detik dengan suhu awal ruangan sekitar 28°C.

Berdasarkan pengujian sensor DHT11 membaca suhu dan kelembaban lalu mengirimkan data ke arduino uno untuk ditampilkan di LCD dan untuk mengatur kerja relay sesuai dengan program yang dibuat, dan didapat hasil sebagai berikut :

1. Kondisi pertama ketika suhu kurang dari 37°C maka ketiga lampu menyala.
2. Kondisi kedua suhu lebih besar dari 37°C maka dua lampu menyala yaitu lampu 1 dan lampu 3, sementara lampu 2 mati, dan
3. Kondisi ketiga suhu lebih besar atau sama dengan 40°C maka satu lampu menyala yaitu lampu 2, sementara lampu 1 dan lampu 3 mati.

Pada perhitungan perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan daya total selama 24 jam pembebanan adalah 493,23 Wh . Kapasitas panel surya yang dibutuhkan adalah :

Perhitungan Panel Surya

$$\text{Kapasitas panel surya: } \frac{ET}{\text{insolasi matahari}} = \frac{493,23Wh}{4,31} = 114,43Wp$$

$$\text{Jumlah panel surya: } \frac{114,43Wp}{100Wp} = 1,14 \approx 2 \text{ panel}$$

Perhitungan Baterai

$$\text{Kapasitas baterai: } \frac{E_T}{V_s} = \frac{493,23Wh}{12V} = 41,1025Ah$$

$$Cb = \frac{Ahxd}{DOD} = \frac{41,1025 \times 1}{0,8} = 51,3781Ah$$

$$\text{Jumlah Baterai: } \frac{51,3781Ah}{60Ah} = 0,85 \approx 1 \text{ baterai}$$

Menghitung Kebutuhan *Solar Charge Controller*

Diketahui dari spesifikasi panel surya bahwa arus *short circuit* (Isc) adalah 7,42A. Nilainya dikalikan dengan jumlah panel surya.

$$2 \times 7,42 = 14,4$$

Jadi *Solar Charge Controller* harus memiliki arus minimal 14,4A.

Pada pengujian panel surya tegangan dan arus paling besar didapat pada pukul 13.00 sebesar 14,23 V dan 5,17 A. Jumlah panel yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan beban adalah 2 panel berkapasitas 100 Wp yang dipasang paralel, agar lebih efisien dapat diganti dengan 1 panel berkapasitas 120 Wp. Dengan menggunakan 1 baterai 12 V 60 Ah kebutuhan beban sudah dapat terpenuhi.

Untuk menjaga kelembaban sesuai yang diharapkan yaitu 50% sampai dengan 55% diperlukan bak air yang diletakan di bawah rak telur.

#### **4. KESIMPULAN**

Dari penelitian ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Arduino Uno R3 mengontrol dengan baik sesuai dengan perencanaan, hal ini dibuktikan dengan relay yang berjalan dengan baik saat menyalakan dan mematikan lampu pemanas sesuai dengan temperatur yang diharapkan yaitu 38°C sampai dengan 39°C lalu hasilnya dibaca oleh sensor DHT11 dan ditampilkan oleh LCD. Motor servo bekerja dengan baik, berputar membalik telur pada waktu-waktu yang diinginkan tanpa ada kendala.
2. Berdasarkan perhitungan kebutuhan lampu, total daya yang diperlukan untuk pemanas adalah 20,25 watt. Pemanas yang digunakan adalah lampu pijar DC berjumlah 3 buah, lampu 1 berdaya 10 watt, lampu 2 berdaya 8 watt dan lampu 3 berdaya 10 watt. Untuk menjaga kelembaban sesuai yang diharapkan yaitu 50% sampai dengan 55% diperlukan bak air yang diletakan di bawah rak telur.
3. Total energi alat penetas telur adalah 493,23 Wh per-hari dengan tegangan sistem 12 V.
4. Berdasarkan perhitungan kapasitas panel surya yang dibutuhkan untuk mensuplai beban selama satu hari adalah sebesar 114,43 Wp, untuk itu dibutuhkan 2 panel berkapasitas 100 Wp yang dipasang paralel, atau untuk lebih efisien bisa digunakan panel surya berkapasitas 120 Wp. Kapasitas baterai yang dibutuhkan adalah 51,378 Ah, dengan satu baterai yang digunakan memiliki kapasitas 12 volt 60 Ah kebutuhan beban sudah dapat terpenuhi.
5. Pada pengujian panel surya dengan kapasitas 100 Wp tegangan dan arus paling besar didapat pada pukul 13.00 sebesar 14,23 V dan 5,17A. Pada pengujian baterai digunakan 1 baterai dan *Solar Charge Controller* harus memiliki arus minimal 14,4 A.

#### **DAFTAR RUJUKAN**

- Taufiq, A. Hendre, A. P. 2010. Penggunaan Solar Cell Untuk Sumber Energi Kursi Roda Otomatis Dan Monitoring Aki. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Hermawan Rudi, S.Pt. 2012. Rahasia Membuat Membuat Mesin Tetas Berkualitas. Jakarta: Pustaka Baru Press.
- Gaisma. 2012. Bandung Indonesia Solar Energy And Surface meteorology <http://www.gaisma.com/en/location/bandung.html>
- Firman H Yanuar. 2010. Otomasi Sistem Pengaturan Suhu, Kelembaban, Sirkulasi Udara dan Pemutar pada Mesin Penetas Telur Dengan Menggunakan PLC Twido TWDLMDA20DTK. Institut Teknologi Nasional. Bandung.
- Jasa Lie. 2006. Pemanfaatan Mikrokontroler Atmega163 Pada Prototipe Mesin Penetas Telur Ayam. Teknik Universitas Udayana. Denpasar.
- Novitasari, A. 2013. Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Institut Teknologi Nasional. Bandung