

Rancang Bangun Mesin Tetas Telur Otomatis Dengan *Back Up* Energi sebagai Sumber Listrik Cadangan

Agung Muchlis Allatif*, Sunyoto

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang (UNNES),
Sekaran, Kec. Gunung Pati, Kota Semarang, Jawa Tengah 50229
*E-mail: agungallatif3@students.unnes.ac.id

Diajukan: 17-07-2023; Diterima: 22-04-2024; Dipublikasi: 31-08-2024

Abstrak

Mesin tetas telur otomatis merupakan salah satu jenis teknologi tepat guna yang banyak digunakan oleh usaha peternakan penetasan telur ayam. Hasil studi literatur dan observasi menunjukkan adanya permasalahan seperti tidak adanya *back up* energi pada mesin tetas. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat mesin tetas telur otomatis dengan *back up* energi sebagai sumber listrik cadangan berkapasitas 100 butir telur, untuk mengetahui persentase tingkat keberhasilan penetasan (daya tetas), serta untuk mengetahui tingkat efisiensi *back up* energi menggunakan baterai pada saat pemadaman listrik. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian dan pengembangan dengan model 4 D (*Define, Design, Development, dan Dissemination*). Pada penelitian ini berhasil dirancang mesin tetas telur otomatis dengan *back up* energi. Spesifikasi mesin yang dihasilkan memiliki dimensi 790x420x640 mm, berkapasitas 100 butir telur, penggerak rak tetas motor AC *synchronous* sebanyak 2 buah memiliki daya masing-masing 4 watt dengan putaran 5/6 rpm, variasi lama putaran rak tetas 3 jam sekali dan 4 jam sekali, dengan pemanas lampu bohlam sebanyak 3 buah dengan daya masing-masing 55 watt dan berkapasitas 100 butir telur. Berdasarkan 2 kali uji coba penetasan, uji coba 1 menetas sebanyak 50 butir telur menetas 45 butir telur dan uji coba 2 menetas sebanyak 20 butir telur menetas 18 butir telur dengan kata lain rata-rata tingkat keberhasilan penetasan (daya tetas) 90%, serta tingkat efisiensi *back up* energi cadangan listrik selama 2 jam ketika sumber listrik PLN tidak tersedia.

Kata kunci: Mesin Penetasan Telur Otomatis; Metode Penelitian dan Pengembangan; Model 4D; Persentase Keberhasilan; Tingkat Efisiensi.

Abstract

Automatic egg hatching machine is one type of appropriate technology that is widely used by chicken egg hatching farms. The results of literature studies and observations show problems such as the absence of energy back up in hatching machines. This study aims to design and make an automatic egg hatching machine with energy back up as a backup power source with a capacity of 100 eggs, to determine the percentage of hatching success rate (hatchability), and to determine the level of efficiency of backing up energy using batteries during power outages. The research method used in this study is the research and development method with a 4 D model (Define, Design, Development, and Dissemination). In this study, an automatic egg hatching machine with energy back up was successfully designed. The resulting engine specifications have dimensions of 790x420x640 mm, a capacity of 100 eggs, a synchronous AC motor hatching rack drive of 2 pieces has a power of 4 watts each with a rotation of 5/6 rpm, variations in the length of the hatching rack rotation every 3 hours and 4 hours, with a bulb heater of 3 pieces with a power of 55 watts each and a capacity of 100 eggs. Based on 2 hatching trials, trial 1 hatched 50 eggs hatched 45 eggs and trial 2 hatched as many as 20 eggs hatched 18 eggs in other words the average hatching success rate (hatchability) 90%, as well as the efficiency level of backing up electricity reserve energy for 2 hours when PLN's electricity source was not available.

Keywords: Automatic Egg Hatching Machine; Research and Development Method; Model 4D; Success Percentage; Efficiency Rate.

1. Pendahuluan

Secara alami, induk ayam betina mengerami telurnya pada kisaran waktu 21 hari hingga menetas menjadi anak ayam [1]. Penetasan buatan, dilakukan dengan memasukan telur pada ruang tetas telur yang telah diatur *set point* sesuai sifat ilmiah pengeraman telur [2]. Jika hanya mengandalkan pengeraman secara alami, persentase keberhasilan telur yang menetas hanya sekitar 50-60% [3].

Para peternak berupaya meningkatkan kapasitas usaha pembibitan ayam dengan bantuan teknologi, karena jika hanya mengandalkan proses penetasan secara alamiah akan membutuhkan waktu yang lebih lama untuk memenuhi kebutuhan konsumen [4]. Maka dari itu, diperlukannya peralatan penunjang di bidang industri peternakan penetasan telur berupa inkubator yang digunakan untuk menetas telur dengan kapasitas yang besar [5].

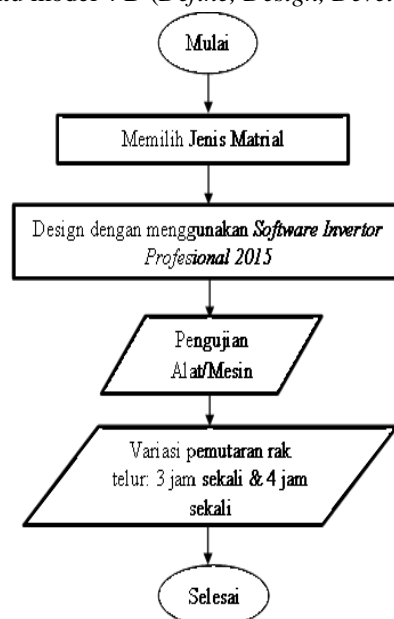
Proses penetasan telur membutuhkan pasokan listrik yang terjaga dan stabil agar proses penetasan telur tidak mengalami kegagalan [6]. Untuk mengantisipasi kegagalan dalam penetasan telur akibat pemadaman listrik yang berakibat sistem penetasan telur terganggu, maka diperlukannya cadangan daya sebagai cadangan power supply [7]. Salah satu metode yang dapat dikembangkan dan diterapkan pada inkubator agar dapat bekerja otomatis dengan suhu sesuai dengan *setting point* dan menghasilkan penetasan yaitu metode *Fuzzy Logic* [8].

Hasil observasi ditemukan ada dua alat tetas telur. Pertama, alat tetas telur konvensional dengan *thermometer* sebagai pengecekan suhu ruang mesin tetas, *thermo hygro* dan nampan berisi air sebagai pengatur kelembapan dengan lampu bohlam sebagai pemanas sebanyak 8 buah, daya listrik sebesar 30 watt dengan kapasitas 60 butir telur. Kekurangan penetasan konvensional yaitu pembalikan telur masih manual dengan tangan manusia. Sehingga suhu ruang tetas tidak stabil akibat sering dibuka tutup. Kedua, mesin tetas telur semi otomatis dengan spesifikasi rak tetas berayun berpengerak motor DC 12 Volt, pengukuran suhu dan kelembapan secara digital menggunakan *hygrothermo*, pemanas lampu bohlam sebanyak 2 buah, serta dilengkapi nampan berisi air guna penyetabil kelembapan. Daya listrik sebesar 40 watt berkapasitas 50 butir telur. Kelemahan, pengaturan pembalikan telur semi otomatis dengan menekan tombol *on/off* motor DC pada selang waktu 3 jam sekali dan tidak dilengkapi *back up* energi sebagai sumber listrik cadangan. Penambahan sumber pemanas listrik untuk cadangan pada mesin tetas menjadi solusi dalam menstabilkan suhu dalam inkubator [9].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat mesin tetas telur dengan *back up* energi baterai berkapasitas 100 butir telur untuk mengetahui persentase keberhasilan alat tetas telur dalam penetasan telur ayam dan mengetahui tingkat efisiensi *back up* energi menggunakan baterai sebagai sumber listrik cadangan pada saat pemadaman listrik.

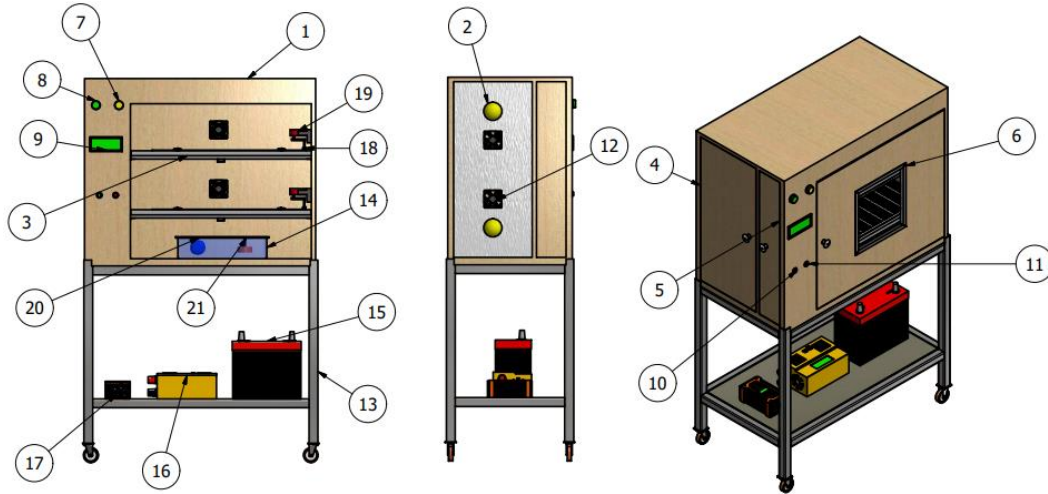
2. Material dan metodologi

Metode penelitian menggunakan pendekatan penelitian dan pengembangan atau *Research and Development* dengan model pengembangan dari *Thiagrajan* yaitu model 4 D (*Define, Design, Development dan Dissemination*).



Gambar 1. Diagram Perancangan Mesin

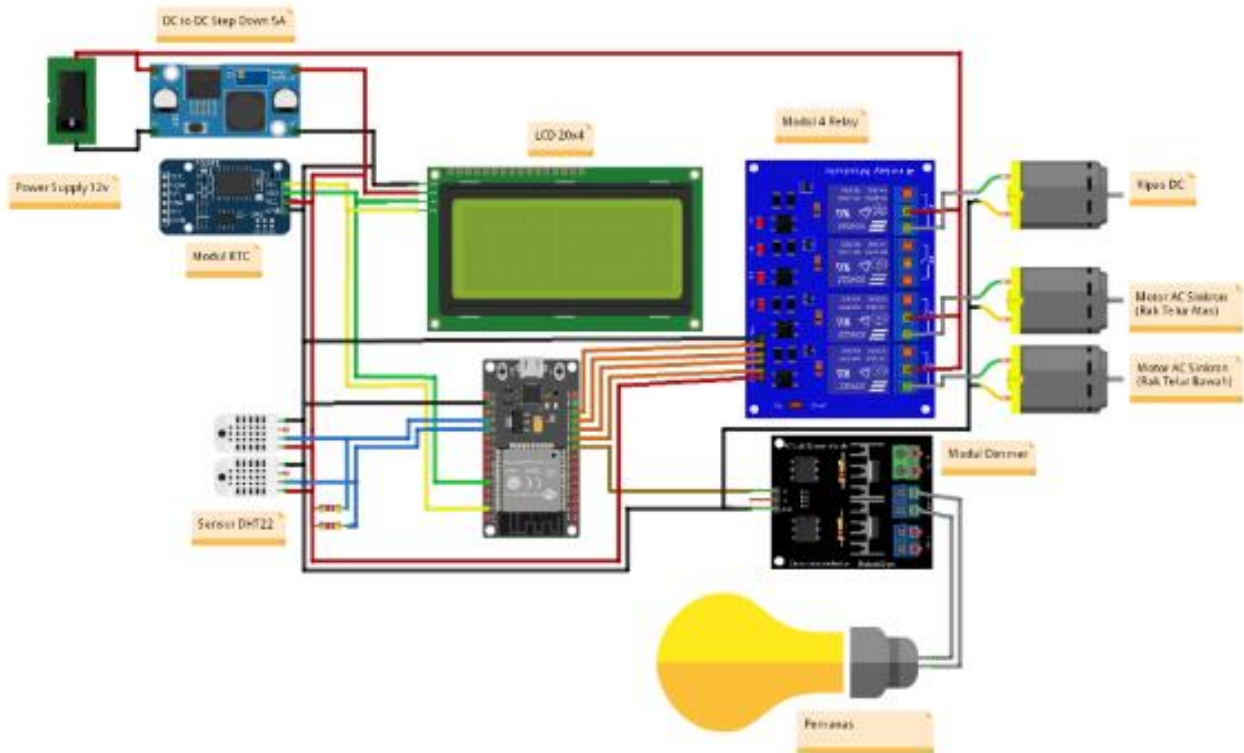
Tahapan diagram alir perancangan mesin dapat dilihat pada Gambar 1. Perencanaan desain produk meliputi perhitungan teknik dan pemilihan material yang akan digunakan untuk perancangan komponen mesin dan desain mesin penetas telur ayam dengan menggunakan *Invertor Profesional 2015* dengan fitur 2D dan 3D. Pengujian alat dengan variasi pemutaran rak tetas selama 3 jam dan 4 jam sekali.



Gambar 2. Desain Mesin Penetas Telur Otomatis

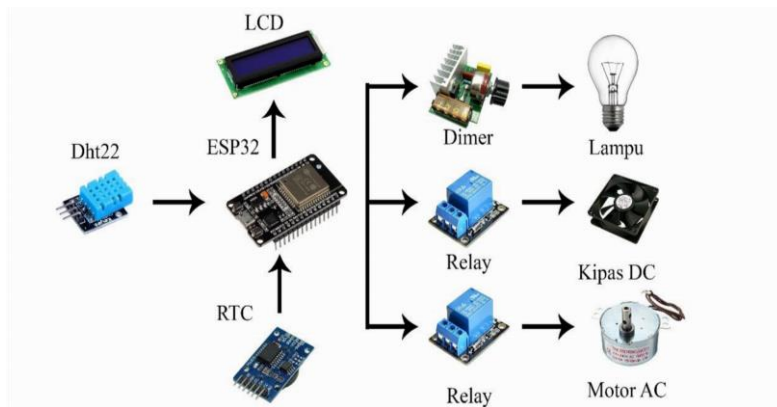
Keterangan:

- | | | |
|---|--------------------------------------|---------------------------------|
| 1. Box rumah telur | 8. Lampu pivot hijau (indikator pln) | 15. Baterai |
| 2. Lampu bohlam | 9. LCD | 16. <i>Inverter</i> |
| 3. Rak geser & penampang rak | 10. Tombol hijau | 17. <i>Charger</i> baterai |
| 4. Pintu samping 1 | 11. Tombol merah | 18. <i>Bearing</i> |
| 5. Pintu samping 2 | 12. Kipas dc 12 V | 19. Motor ac <i>synchronous</i> |
| 6. Pintu depan | 13. <i>Frame</i> (rangka) | 20. Pelampung |
| 7. Lampu pivot kuning (indikator baterai) | 14. Tempat air | 21. <i>Mistmaker</i> |



Gambar 3. Instalasi Hardware

Pada penelitian ini, perancangan instalasi *hardware* menggunakan semua perangkat yang dibutuhkan sistem, mulai dari *input*, *controller* dan *output*. Desain rancangan instalasi *hardware* pada sistem kendali suhu dan kelembapan pada alat penetas telur terdiri dari komponen input: sensor, RTC, mikrokontroler ESP32, komponen output: relay, motor AC *synchronous* dan modul *dimmer*, serta komponen pendukung lainnya. Dibawah ini instalasi *hardware* alat penetas telur yang ditunjukkan pada Gambar 3 dan sistem kerja alat penetas telur pada penelitian ini terdiri dari 3 bagian utama yaitu masukan, *controller* dan keluaran pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Blok Prinsip Kerja Mesin Penetas Telur

Perancangan mesin tetas telur otomatis, mesin ini menggunakan berbagai komponen seperti yang ditampilkan pada Gambar 4 yang memiliki fungsi komponen yang berbeda. Sensor DHT22 sebagai pengukur suhu dan kelembapan dalam ruang penetas yang dibandingkan dengan *set point* pada teori penetasan telur. Masukkan suhu dan kelembapan diproses dan dibaca oleh mikrokontroler ESP32. Selanjutnya nilai perbedaan suhu dan kelembapan dijadikan acuan pengaturan cahaya dan *humidifier* pada ruang incubator. RTC (*Real Time Clock*) dimanfaatkan untuk pewaktu digital pada pergerakan 2 rak telur dengan motor *synchronous* berkecepatan 3 rpm serta inisialisasi tampilan LCD (*Liquid Crystal Display*). Keluaran mikrokontroler ESP32 adalah nilai PWM (*Pulse Width Modulation*) dengan dua keadaan atau kondisi yaitu: (1) Jika suhu ruangan penetas lebih dari 39°C maka kipas DC akan menyala, sebaliknya jika suhu 36°C maka kipas akan mati. (2) Durasi waktu pemutaran motor *synchronous* dibuat berbeda yaitu rak pertama berputar setiap 3 jam sekali yang digerakkan oleh motor atas, sedangkan rak kedua dibuat berputar setiap 4 jam sekali yang digerakkan oleh motor bawah.

Keluaran dari sistem ini dapat berupa driver motor AC *synchronous*, modul *dimmer*, modul relay dan LCD sebagai *output* antarmuka. Modul *dimmer* digunakan untuk mengatur intensitas cahaya dari lampu pijar (sebagai pemanas inkubator). Sedangkan modul relay digunakan untuk kontrol *on/off* kipas 12V DC, untuk LCD sendiri untuk menampilkan hasil pengukuran suhu, kelembapan dan waktu pemutaran rak telur.

Rak penetasan telur berputar selama 24 jam (4 jam sekali) secara halus, lembut dan hampir tanpa getaran, serta memiliki daya tetas tinggi diatas 80% [10]. Uji coba rak penetasan penelitian dengan menggunakan dua variasi lama putaran motor AC *synchronous* selama 3 jam dan 4 jam sekali. Lama putaran motor pada rak geser bertujuan mencari putaran yang tepat untuk proses menetas telur ayam. Masing-masing kecepatan putaran dibandingkan untuk mengetahui kecepatan putaran yang baik untuk dipakai saat proses penetasan telur ayam. Hasil uji coba mesin untuk mengetahui keefektifan alat, presentase daya tetas telur dan menghitung tingkat efisiensi *back up* energi mesin tetas telur menggunakan baterai saat listrik PLN tidak tersedia.

Untuk perhitungan uji tingkat efisiensi *back up* energi mesin tetas telur ayam menggunakan baterai pada saat pemadaman listrik dilakukan dengan perhitungan efisiensi daya aki yang bisa dipergunakan sebesar 70 %. Dikarenakan sisa 30 % nya untuk menyisakan elemen di dalam baterai supaya tidak drop dan memperpanjang umur baterai.

3. Hasil dan pembahasan

Dari hasil perhitungan diperoleh ukuran dan jenis komponen utama mesin tetas telur otomatis. Adapun komponen utama dan spesifikasi ditabulasi pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi mesin tetas telur otomatis

No.	Nama Bagian	Keterangan
1.	Dimensi Mesin Tetas Telur Otomatis	780 mm x 420 mm x 640 mm
2.	Daya Mesin Tetas	200 Watt
3.	Kapasitas	100 butir telur
4.	Rangka Mesin:	
	Tiang Utama	Besi Hollow 3x3
	Rangka Lantai/Dasar	Plat besi 2 mm
	Pengunci Box Penetas	Besi siku 2 mm
	Lantai Rak Rangka	Plat besi 1 mm
5.	Rak Penetas Telur	Alumunium bulat
6.	Dudukan Rak Penetas Telur	Alumunium siku
7.	Motor Penggerak Rak Telur	Motor <i>Sycronous</i> 220 V AC 5/6 Rpm
8.	<i>Bearing</i>	Diameter <i>inside</i> 5 mm (4 pcs)
9.	Roda Rangka	Roda Plastik
10.	Baterai	Kansai 50 Ah
11.	<i>Inverter</i>	PSW 500 Watt
12.	<i>Charger</i> baterai	Rikin 12 Volt 6 Amper
13.	Kipas	Kipas DC 12 V (4 pcs)
14.	Pemanas	Lampu Bohlam 55 Watt (4 pcs)
15.	Penyalur Panas	Pipa 2 inchi
16.	Sensor Suhu dan Kelembapan	DHT 22
17.	Lampu Indikator	Lampu 220 V AC warna kuning dan hijau (2 pcs)
18.	Tempat Air	Bak Plastik 25 cm x 17 cm x 11 cm
19.	Pengunci Pintu	Magnet
20.	Pengalih Tegangan	<i>Relay ZN MY2N</i>
21.	Penampil Layar	LCD

Mesin yang sudah di rancang selanjutnya dilakukan uji coba. Persentase penetasan telur dijadikan pedoman untuk mengetahui tingkat efektivitas mesin tetas telur yang telah dibuat dalam menetas telur ayam. Mesin yang dirancang penulis diharapkan mempunyai persentase daya tetas diatas 90%. Dalam penelitian ini dilakukannya 2 kali proses penetasan tampak dalam Tabel 2.

Tabel 2. Data Pengujian Penetasan Telur

Uji ke-	Bagian Rak	Jml Telur	Menetas	Tidak	Kondisi Anak Ayam			Daya Tetas (%)
					Normal	Cacat	Mati	
1.	Atas	25	23	2	23	0	0	92
	Bawah	25	22	3	22	0	0	88
2.	Atas	10	9	1	9	0	1	90
	Bawah	10	9	1	9	0	0	90
Rata-Rata Daya Tetas					63	0	0	90

$$\begin{aligned}
 \text{Rata - rata daya tetas} &= \frac{\text{Jumlah telur menetas}}{\text{Jumlah telur fertile}} \times 100 \% \\
 &= \frac{63}{70} \times 100 \% = 90 \%
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Selanjutnya dilakukan pengujian *discharge* baterai untuk mengetahui berapa lama baterai mampu *back up* energi sebagai penyedia tenaga cadangan atau penyedia sumber listrik dengan mesin tetas apabila sumber PLN tidak tersedia.

Tabel 3. Data Pengujian *Discharge* Baterai

No.	Waktu (menit)	Tegangan Baterai (Volt)	Arus Baterai (Ampere)	Daya Baterai (Watt)
1.	0	12,7	0	0
2.	10	11,91	20,46	243,65
3.	20	11,90	20,45	243,41
4.	30	11,85	19,34	229,18
5.	40	11,81	19,24	227,18
6.	50	11,78	19,11	225,06
7.	60	11,74	19,17	224,05
8.	70	11,67	19,11	223,06
9.	80	11,61	19,02	220,82
10.	90	11,51	18,85	216,94
11.	100	11,42	18,82	214,94
12.	110	11,28	18,70	210,94
13.	120	11,27	14,03	158,12
14.	130	11,22	11,74	131,76
15.	140	11,02	11,34	147,06
16.	150	10,80	11,22	121,18
17.	160	10,12	10,42	105,41

Perhitungan total semua beban mesin penetas telur pada penelitian ini berjumlah 200 Watt. Semua beban tersebut menentukan jangka waktu suplai dari catu daya cadangan untuk *memback up* mesin penetas telur otomatis beroperasi saat tidak menggunakan sumber listrik dari PLN. *Back up* energi menggunakan baterai berkapasitas 12 V 50 Ah dengan perhitungan daya total baterai sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \\
 &= 12 \text{ V} \times 50 \text{ Ah} \\
 &= 600 \text{ VA}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

dimana P adalah daya listrik baterai (Watt), V adalah tegangan listrik baterai (Volt) dan I adalah kapasitas arus listrik dari baterai (Ampere).

Efisiensi daya baterai yang bisa digunakan dihitung sebesar 70%, sehingga daya baterai yang bisa digunakan sebesar $600 \text{ VA} \times 70 \% = 420 \text{ VA}$, artinya dalam 1 jam baterai dapat mensuplai daya sebesar 420 VA. Apabila *inverter* diberikan beban sebesar 420 W, maka baterai hanya akan bertahan selama 1 jam. Jadi apabila beban sebesar 200 W, maka daya tahan baterai untuk *memback up* daya sebesar 420 W adalah :

$$\text{Lama Ketahanan Baterai} = \frac{\text{Daya Baterai}}{\text{Daya Beban}} = \frac{420}{200} = 2,1 \text{ jam}
 \tag{3}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Ah yang diperlukan} &= \frac{EK}{V \times PF} = \frac{200}{12 \times 0,7} = 23,80 \text{ A} \\
 &= \frac{50}{23,80} = 2,1 \text{ jam}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Dengan kapasitas baterai sebesar 50 Ah, maka baterai bisa melayani beban selama : 2,1 jam. Berdasarkan hasil perhitungan dari ketahanan *inverter* yang menggunakan baterai berkapasitas 12 V 50 Ah dengan beban yang dilayani

sebesar 200 Watt adalah sebesar 2,1 jam dalam memback up suplai energi listrik bersumber dari baterai. Namun pada hasil pengujian, ketahanan hanya sampai 1 jam 58 menit yang dikarenakan faktor daya (*cos*) yang mempengaruhinya. Besaran faktor daya (*cos*) dapat ditentukan dari perhitungan, hasil percobaan dibagi dengan hasil perhitungan $2,04 / 2,40$ jam = 0,85.

Pembahasan

Produk akhir dari penelitian ini adalah mesin tetas telur otomatis dengan pengembangan-pengembangan yang telah dilakukan dari mesin penetas telur yang sudah ada sebelumnya. Penetasan telur otomatis berbasis *PID* dengan energi hybrid memiliki persentase penetasan sebesar 54,5% pada metode rak diam [11], penetasan berbasis mikrokontroler Atmega8 dengan sensor SHT 11 [12] maupun mikrokontroler *atmega16* dengan sensor LM35 memiliki persentase 89,1% [13], penetasan telur metode *logika fuzzy* dalam mengendalikan suhu dan kelembapan serta pembalikan telur otomatis dengan tingkat persentase 91,6% pada pengujian pertama dan 41,6% pengujian kedua [14], mekanisme pembalikan telur menggunakan motor dc dengan *belt conveyer* dengan mikrokontroler yang memiliki kelemahan ukuran rak yang sama menyebabkan suhu panas tidak merata [15].

Pengembangan yang dilakukan telah memiliki beberapa kelebihan yaitu, membuat mesin penetas telur menggunakan alat kontrol suhu dan kelembapan secara otomatis, menggunakan kontrol motor AC *synchronous* yang memutar telur secara otomatis setiap 3 jam dan 4 jam sekali dengan halus dan lembut, memiliki kapasitas rak tetas 2 tingkat sebanyak 100 butir telur dan dilengkapi dengan *back up* energi yang secara otomatis menggunakan prinsip kerja relay.

Penelitian ini juga menganalisis lama waktu putaran motor AC *synchronous* dalam memutar rak telur yang baik dan ideal yang digunakan dalam proses penetasan telur. Analisis lama waktu putaran motor AC *synchronous* pada rak tetas dilakukan dengan dua variasi yaitu 3 jam (rak atas) dan 4 jam sekali (rak bawah).

4. Kesimpulan

Dari perencanaan dan pembuatan mesin tetas telur dihasilkan mesin tetas telur otomatis dengan *back up* energi dengan dimensi 780x420x640 mm. Motor penggerak rak penetas yang digunakan motor AC *synchronous* 220 V, 5/6 rpm. Variasi lama pemutaran rak telur 3 jam dan 4 jam sekali dengan rak tetas 2 buah atas bawah. Daya listrik mesin tetas sebesar 200 Watt. Memiliki 2 sumber listrik dari listrik PLN dan Baterai (sebagai sumber listrik cadangan). Pengujian mesin menghasilkan tingkat keberhasilan (daya tetas) penetasan sebesar 90 % dengan uji coba penetasan sebanyak 2 kali, uji coba ke-1 sebanyak 50 butir menetas sebanyak 45 butir telur dan uji penetasan ke-2 sebanyak 20 telur menetas 18 butir telur. Efisiensi *back up* energi dapat bertahan selama 2 jam (cukup efisien) ketika sumber listrik PLN tidak tersedia.

Daftar Pustaka

- [1] Hartono, T & Isman. Kiat Sukses Menetas Telur Ayam. Agro Media; 2012.
- [2] Susanto, R., Rancang Bangun Prototype Generator Termoelektrik Memanfaatkan Panas Terbuang Pada Inkubator (Doctoral Dissertation): Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau; 2021
- [3] Siswoko, E. S. Budi, and A. Komarudin., Kontrol elektronik mesin penetas telur hybrid matahari berbasis arduino. Integrated Lab Journal. 2020; 08(02): p. 77–83

- [4] Setyaningsih, N.Y.D.,& Mustofa, A. N., Optimalisasi Posisi Heater Dan Cooler Terhadap Perubahan. 2019; 10(1): p. 281–286.
- [5] F. Ardiansyah, M. F. Lawasi, and C. F. Hadi., Sistem Monitoring Inkubator Penetas Telur Berbasis Android. *Journal Zetroem*. 2019; 1(2): p. 8–16.
- [6] Almadani, I. F., Haryudo, S. I., & Kartini, U. T., Rancang Bangun Sistem Automatic Transfer Switch Antara Listrik PLN Dan PLTS Skala Kecil Untuk Alat Penetas Telur Berbasis Internet Of Things. *Jurnal Teknik Elektro*. 2021; 10(3): p. 565-575.
- [7] Supriyono, D, et al., Rancang Bangun Pengontrol Suhu dan Kelembaban Udara Pada Penetas Telur Ayam Berbasis Arduino Mega 2560 Dilengkapi UPS. 2014.
- [8] A. S. Priatna and T. D. H., Sistem Kendali Suhu Pada Inkubator Telur Ayam Melalui Telegram Dengan Metode Fuzzy Logic. 2020. p. 34–41.
- [9] Hasyim Asy'ari, Subiharta, dan D.S Yuni., Klasifikasi Aki Sebagai Arus Cadangan. *Penuntun Praktikum. Teknik Penanganan Hasil Pertanian Unpad*; 2014.
- [10] Suyatno., Otomatis Mesin Tetas Untuk Meningkatkan Produksi DOC Ayam Lurik dan Efisiensi Usaha. *Jurnal Dedikasi*. 2015; 3: p. 17–24.
- [11] Syafik, S., Joni, K., & Ibadillah, A. F., Rancang Bangun Alat Penetas Telur Ayam Otomatis Dengan Metode Pid (Proportional Integral Derivative) Berbasis Energy Hybrid. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer TRIAC*. 2017; 4(2): p. 21-26.
- [12] Nurhadi, I., & Puspita, E. (2009). Rancang Bangun Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATmega8 Menggunakan Sensor SHT 11. *Students' Creation in Eepis Final Project Competition*, 1–8.
- [13] Nugroho, R., Santoso, S., Firmansyah, R., & Bazari, H. A., Rancang Bangun Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Microcontroler Atmega16. *Jurnal of Information System Management*. 2019; 1(1); p. 23–26.
- [14] Kurniawan, E., Wibowo, A. S., Elektro, F. T., & Telkom, U., Perancangan Inkubator Untuk Penetasan Telur Bebek Otomatis. *Journal Elektra*, 2017; 2(2); p. 20–31.
- [15] Wicaksono, M.B., Mekanisme Pembalik Telur Pada Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Mikrokontroler. *Paten nomor S22202000937*, 2020.