

**PEMANFAATAN MODUL TERMOELEKTRIK SEBAGAI PEMANAS UNTUK ALAT PENETAS
TELUR SEDERHANA**

**THE UTILIZATION OF THERMOELECTRIC MODULES AS HEATER FOR A SIMPLE EGGS
INCUBATOR**

Indah Khairunnisa¹, Drs. Suprayogi, M.T.², Tri Ayodha Ajiwiguna, S.T., M.Eng³
^{1,2,3}, Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
indaaaaaaaahkh@gmail.com, spiyogi@yahoo.co.id, tri.ayodha@gmail.com

Abstrak

Alat penetas telur merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk menetasakan telur dengan jumlah yang banyak dalam satu kali penetasan. Pemanas yang biasa digunakan pada alat penetas telur konvensional adalah pemanas dari lampu pijar. Namun, lampu pijar ini memiliki umur pakai yang relatif pendek. Berdasarkan hal tersebut, maka dibuatlah sebuah alat penetas telur dengan memanfaatkan modul termoelektrik sebagai pemanas didalamnya. Modul termoelektrik ini memiliki umur pakai yang lebih lama yaitu hingga 200.000 jam.

Modul termoelektrik adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk mengkonversi energi, jika modul termoelektrik ini diberikan tegangan DC maka sisi bagian dingin akan menyerap panas dan kemudian dilepaskan pada sisi panasnya. Suhu pada alat penetas telur dengan pemanas modul termoelektrik ini akan di kontrol menggunakan termostat, sehingga suhu dapat stabil pada 38-40°C.

Berdasarkan hasil perhitungan dan pengujian yang telah dilakukan, untuk mencapai suhu 40°C, beban pemanasan yang terjadi pada alat penetas telur dengan pemanas TEC1-12706 adalah 27,72 watt dengan pemakaian energi yang lebih rendah yaitu 10,24 Wh jika dibandingkan dengan lampu pijar 15,565 Wh.

Kata Kunci : Alat Penetas Telur, Modul Termoelektrik, TEC1-12706, Termostat, Pemakaian Energi

Abstract

Eggs incubator is a tool that can used to incubate the eggs in large numbers in one hatching. The heater that commonly used in conventional eggs incubator is incandescent bulbs. However, incandescent bulbs have a relatively short life time. Based on that case, then we made the eggs incubator by utilizing thermoelectric modules as a heater. This thermoelectric modules has a longer life time is up to 200,000 hours.

Thermoelectric modules is a solid-state energy converter, if this thermoelectric modules is supplied by voltage DC power, then the cold side will absorb heat and then released on the hot side. The temperature of this eggs incubator was controlled by using a thermostat, then the temperature can be stabilized at 38-40°C.

Based on the result of calculation and experiment, to reach temperature of 40°C, the heating load of a simple eggs incubator with TEC1-12706 as a heater is 27,72 watts with lower energy consumption is 10,24 Wh when compared to incandescent bulbs that is 15,565 Wh.

Keywords : Eggs Incubator, Thermoelectric Modules, TEC1-12706, Thermostat, Energy Consumption

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Alat penetas telur merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk menetasakan telur dengan jumlah yang banyak dalam satu kali penetasan. Pada prinsipnya alat penetas telur tersebut berkerja dengan mengadopsi tingkah laku dari induk telur selama masa pengeraman, terutama untuk pengkondisian suhu di dalamnya. Suhu di dalam alat penetas telur harus diatur sesuai dengan suhu yang diberikan oleh induknya. Maka dari itu, dipasanglah sebuah pemanas didalam alat penetas telur tersebut. Pemanas akan diatur pada suhu sekitar 38⁰-40⁰C untuk telur ayam [1], 32°C-35°C untuk telur walet [2] dan 38-40°C untuk telur bebek [2].

Pemanas yang biasa digunakan pada alat penetas telur konvensional adalah pemanas dari lampu pijar. Panas yang dihasilkan oleh lampu pijar tersebut dapat menghangatkan kondisi suhu didalam alat penetas telur selama proses pengeraman hingga penetasan. Namun, pemanas dari lampu pijar ini masih memiliki sebuah kekurangan yaitu umur pakainya yang relatif pendek sehingga pemanas menjadi lebih sering untuk diganti dengan yang baru. Berdasarkan hal tersebut, maka dibutuhkan sebuah pemanas yang memiliki umur pakai yang jauh lebih lama jika dibandingkan dengan lampu pijar biasa. Salah satu pemanas tersebut adalah modul termoelektrik yang

memiliki umur pakai yang lebih lama yaitu hingga 200.000 jam [3]. Modul termoelektrik adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk mengkonversi energi [4], jika modul termoelektrik ini diberikan tegangan dan arus listrik DC maka sisi dingin modul termoelektrik akan menyerap panas yang kemudian panas tersebut akan dilepaskan pada sisi panasnya. Panas yang dilepaskan dari sisi panas modul termoelektrik itulah yang bisa dimanfaatkan menjadi pemanas alternatif di dalam alat penetas telur untuk menggantikan lampu pijar.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini, antara lain :

1. Mengetahui nilai beban pemanasan yang terjadi pada alat penetas telur.
2. Merancang dan membuat sebuah alat penetas telur sederhana dengan menggunakan modul termoelektrik sebagai pemanasnya.
1. Mengetahui jumlah pemakaian energi listrik dari alat penetas telur dengan pemanas modul termoelektrik jika dibandingkan dengan lampu pijar.

2. Dasar Teori

2.1 Sistem Penetasan Telur

Penetasan telur dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara alami dan buatan dengan menggunakan bantuan sebuah alat atau mesin penetas telur. Penetasan telur secara alami itu terlihat lebih mudah karena dilakukan langsung oleh induknya namun kelemahannya hanya dapat menetasakan dengan jumlah yang sedikit. Berbeda dengan alat penetas telur buatan yang dapat menetasakan telur dengan jumlah yang lebih banyak dalam waktu yang bersamaan. Ada lima poin utama yang harus diperhatikan dalam alat penetas telur, yaitu : suhu (*temperature*), kelembaban udara (*humidity*), ventilasi (*ventilation*), pemutaran telur (*egg turning*) dan kebersihan (*cleanliness*) [5].

2.2 Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah perpindahan energi yang terjadi antara benda atau material sebagai akibat dari adanya perbedaan suhu [6]. Proses perpindahan panas itu terbagi menjadi tiga cara yaitu perpindahan panas secara radiasi, konduksi dan konveksi.

2.1.1 Konduksi

Konduksi merupakan perpindahan panas dari tempat yang bertemperatur tinggi ke tempat yang bertemperatur rendah didalam medium yang bersinggungan langsung [5]. Laju perpindahan panas konduksi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu gradien suhu, konduktifitas termal bahan, luas bidang dan ketebalan medium yang digunakan. Secara umum, laju perpindahan panas konduksi dalam persamaan (2-1).

$$q = kA \frac{T_1 - T_2}{L} \quad (2-1)$$

Dengan :

- q = laju perpindahan kalor (W)
- T₁ = suhu tinggi (°C)
- T₂ = suhu rendah (°C)
- k = konduktifitas termal bahan (W/m.°C)
- A = luas bidang perpindahan kalor (m²)
- L = ketebalan medium

2.1.2 Konveksi

Konveksi merupakan perpindahan panas antara permukaan solid dengan fluida yang bergerak atau mengalir disekitarnya melalui medium yaitu fluida itu sendiri [5]. Laju perpindahan konveksi dapat dinyatakan dalam persamaan (2-2).

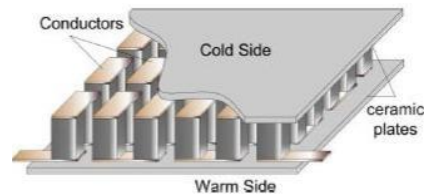
$$q = h \cdot A \cdot (T_s - T_\infty) \quad (2-2)$$

Dengan :

- h = koefisien perpindahan panas konveksi (W/m².K)
- A = luas penampang (m²)
- T_s = temperatur plat (°C)
- T_∞ = temperatur fluida yang mengalir dekat permukaan (°C)

2.4 Termoelektrik

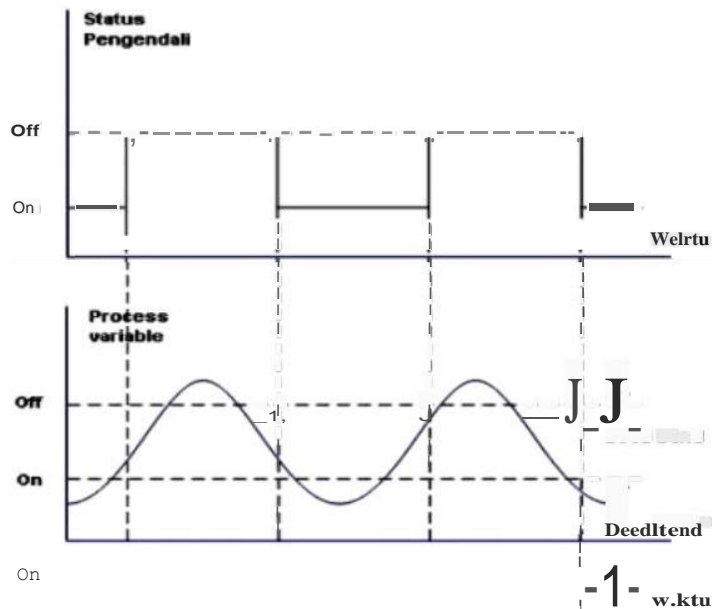
Termoelektrik merupakan konversi langsung dari energi panas menjadi energi listrik. Termoelektrik pada umumnya terbuat dari bahan semikonduktor yang tersusun dari suatu susunan elemen tipe-p yaitu material yang kekurangan elektron dan terdiri juga dari susunan tipe-n yaitu material yang kelebihan elektron [9]. Struktur termoelektrik dapat dilihat pada gambar 2.1. Termoelektrik ini berkerja berdasarkan efek seeback dan efek peltier.



Gambar 2.1. Struktur Termoelektrik

2.5 Sistem Kontrol On-Off

Dalam sistem kontrol on-off, elemen pembangkit hanya mempunyai dua keadaan yaitu *on* dan *off*. karena kerjanya yang *on-off*, hasil pengendalian kendali *on-off* akan menyebabkan process variable yang bergelombang [12], seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



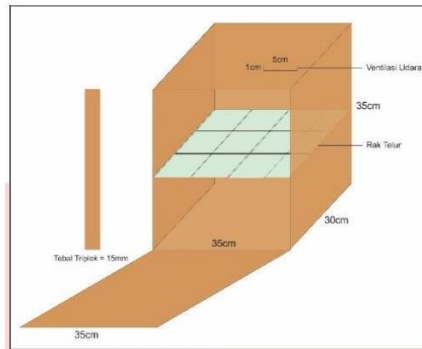
Gambar 2.2. Kerja Kontrol On-Off dengan Dead Band

Sistem kontrol *on-off* ini mempunyai dua kedudukan, yaitu maksimum dan minimum. Keadaan maksimum terjadi jika variabel terkontrol melebihi *set point* sedangkan keadaan minimum terjadi ketika variabel terkontrol kurang dari *set point*.

3. Metodologi Penelitian

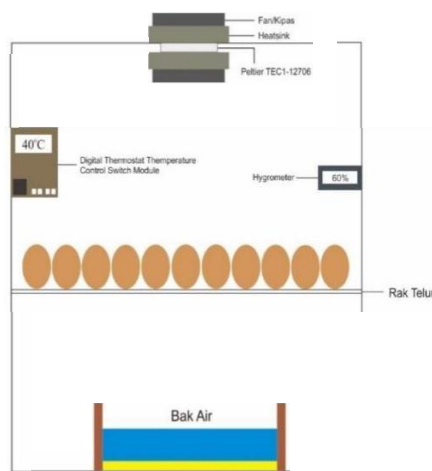
3.1 Perancangan Sistem

Alat penetas telur sederhana yang akan dirancang terbagi menjadi dua bagian, yaitu bagian mekanik dan elektrik. Pada bagian mekanik terdapat *box* (alat penetas telur) yang terbuat dari bahan triplek dengan ukuran 35 cm x 30 cm x 35 cm. Rancangan desain *box* alat penetas telur yang akan dibuat seperti pada gambar 3.1.

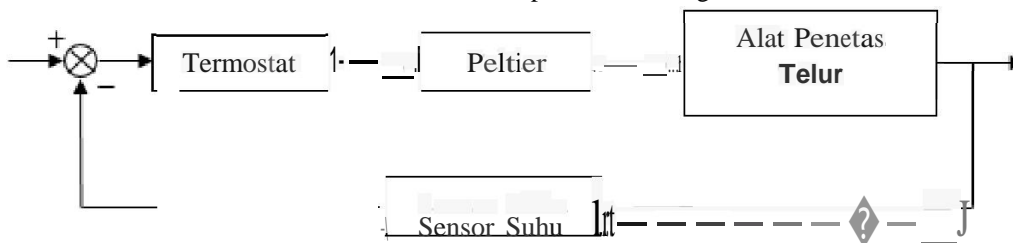


Gambar 3.1. Desain *box* penetas telur bagian mekanik

Dan untuk bagian elektrik terdapat modul termoelektrik sebagai pemanas, alat pengatur dan pengontrol suhu ruangan. Rancangan desain bagian elektrik dari alat penetas telur yang akan dibuat seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Desain *box* penetas telur bagian elektrik



Gambar 3.3. Diagram Blok Kontrol

3.2 Perhitungan Heating Load

Menghitung perpindahan panas yang terjadi pada setiap sisi triplek merupakan langkah pertama untuk dapat mengetahui berapa *heating load* yang akan terjadi pada alat penetas telur. Proses perpindahan panas yang terjadi itu secara konduksi dan konveksi dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.4. Proses perpindahan panas konduksi dan konveksi pada salah satu sisi triplek

Terdapat empat bagian yang harus diperhitungkan perpindahan panasnya yaitu bagian depan dan belakang, kanan dan kiri, atas serta bawah. Suhu udara pada bagian dalam alat penetas telur diatur hingga 40°C dan suhu udara luar atau suhu lingkungan yaitu 23°C. Suhu permukaan triplek bagian luar diasumsikan dari 23-40°C. Langkah kedua yaitu dengan menghitung berapa perpindahan panas secara konduksi yang terjadi pada setiap sisi triplek. Langkah ketiga yaitu menghitung berapa perpindahan panas secara konveksi pada setiap sisi tripleknya.

Dari perhitungan perpindahan panas yang telah dilakukan akan didapatkan nilai perpindahan panas secara konduksi dan konveksi yang terjadi pada setiap sisi triplek. Nilai-nilai tersebut akan dihitung kembali menggunakan persamaan titik potong untuk mendapatkan nilai perpindahan panas pada setiap sisi dan mengetahui suhu permukaan luar setiap sisi triplek. Nilai itulah yang akan menjadi nilai perpindahan panas sesungguhnya yang terjadi pada setiap sisi triplek. Sehingga untuk menghitung *heating load* yang diperlukan pada alat penetas telur ini dapat dari persamaan (3-1).

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \tag{3-1}$$

Dengan :

- q₁ = perpindahan panas pada sisi depan/belakang
- q₂ = perpindahan panas pada sisi kanan/kiri
- q₃ = perpindahan panas pada sisi atas
- q₄ = perpindahan panas pada sisi bawah

4. Hasil dan Analisis

4.1 Hasil Perhitungan Heating Load

Perhitungan *heating load* atau beban pemanasan dilakukan untuk mengetahui beban pemanasan yang dibutuhkan oleh alat penetas telur. Perhitungan tersebut dimulai dengan menghitung perpindahan panas yang terjadi pada setiap sisi alat penetas telur yaitu bagian depan dan belakang, kanan dan kiri, atas serta bawah. Perpindahan panas pada setiap sisi terjadi karena adanya perbedaan suhu antara bagian dalam alat penetas telur dengan luarnya (suhu lingkungan) yang terjadi secara konduksi dan konveksi. Perhitungan perpindahan panas dilakukan dengan kondisi suhu di dalam alat penetas telur yaitu 40°C dan suhu di luar alat penetas telur yang dimulai dari 23°C hingga suhu yang dituju yaitu 40°C.

Tabel 4.1. Hasil Perhitungan *Heating Load*

Sisi Triplek Bagian	Q (Watt)
Depan dan Belakang	10,31
Kanan dan Kiri	8,84
Atas	5,25
Bawah	3,3

4.2 Beban Pemanasan Total

Setelah melakukan perhitungan perpindahan panas yang terjadi pada setiap sisi triplek dan menghitung beban pemanasannya menggunakan persamaan yang didapatkan dari titik potong antara Q_{konduksi} dan Q_{konveksi} pada setiap sisi, maka didapatkanlah nilai beban pemanasan total sebagai berikut.

$$Q_{total} = 10,31 + 8,84 + 5,25 + 3,3 = 27,72$$

Jadi, total beban pemanasan atau *heating load* pada alat penetas telur dengan dimensi kotak 35 x 30 x 35 cm dan ketebalan 15 mm ini hanya 27,72 watt sehingga alat penetas telur ini hanya membutuhkan satu buah peltier saja sebagai pemanasnya. Hanya menggunakan satu buah peltier didapat dibuktikan dari perhitungan berikut.

$$q_e = \alpha_m \cdot I \cdot \Delta T_c + \frac{I^2 \cdot R_m}{2} = 72,138 \text{ Watt}$$

Dengan :

$$\alpha_m = 0,05 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

$$\theta_{m1} = \frac{\Delta T_c}{q_e} = 1,967 \text{ }^\circ\text{C/W}$$

$$\theta_{m2} = \frac{\Delta T_c}{q_e} = 1,861 \text{ }^\circ\text{C/W}$$

$$q_e = \alpha_m \cdot I \cdot \Delta T_c$$

Keterangan :

q_e = kalor/panas yang dilepas

α_m = koefisien seeback modul

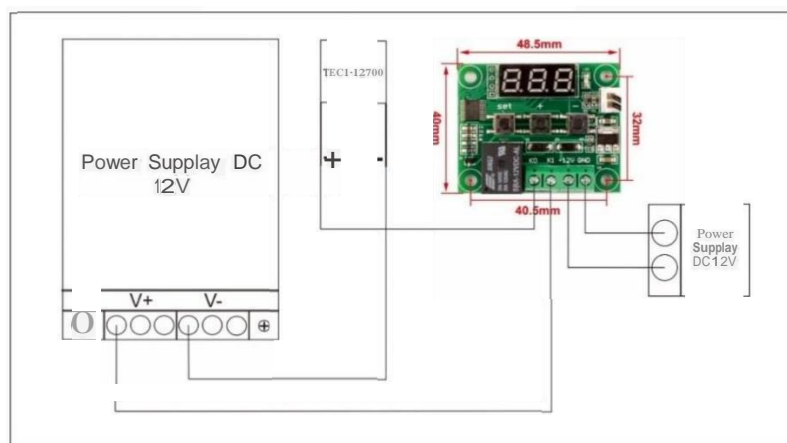
R_m = hambatan listrik modul

θ_m = hambatan termal modul

Dari perhitungan tersebut menunjukkan bahwa satu buah peltier mampu melepaskan panas/kalor sebesar 72,138 watt, sehingga untuk memanaskan alat penetas telur dengan beban pemanasan total 27,72 watt hanya membutuhkan satu buah peltier saja.

4.3 Pemasangan Alat

Peltier atau pemanas pada alat penetas telur diberikan sumber tegangan 12 V yang berasal dari *power supply* DC 12V, sehingga suhu didalam alat penetas telur akan meningkat hingga mencapai suhu yang dibutuhkan untuk menetas telur yaitu 40°C. Suhu awal didalam alat penetas telur akan terbaca oleh sensor suhu dan ditampilkan pada layar modul termostat yang sudah terhubung pada sumber pemanas. Termostat ini dapat mengontrol suhu yang dihasilkan agar tidak melebihi suhu yang dibutuhkan. Berikut ini adalah pemasangan termostat dengan pemanas yang digunakan pada alat penetas telur.

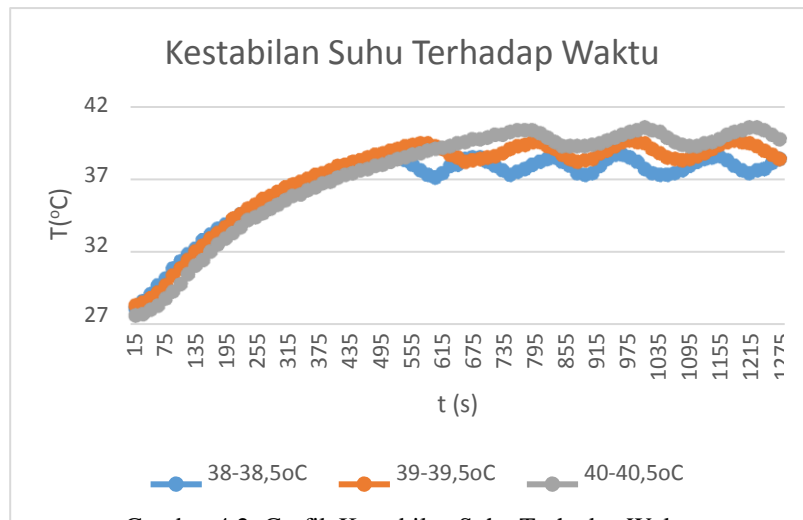


Gambar 4.1. Pemasangan Termostat

4.4 Pengujian Alat

Ketika alat penetas telur mulai dihidupkan, suhu awal didalam alat penetas telur diatur 38°C menggunakan termostat dan dengan kelembapan sekitar 55-65% yang terbaca oleh *hygrometer*. Selama tiga hari pertama suhu akan stabil di 38-38,5°C dimana 0,5°C adalah nilai batas suhu sebelum *relay* aktif. Nilai 0,5°C ini adalah standar nilai batas suhu yang digunakan untuk proses penetasan. Jika nilai batas suhu terlalu kecil dapat

menyebabkan kerusakan pada termostat dan jika nilai batas suhu terlalu besar dapat menyebabkan kegagalan dalam proses penetasan karena perbedaan suhu yang terlalu jauh. Lalu, hari ke empat hingga ke 18 suhu diatur stabil pada 39-39,5°C. Dan pada tiga hari terakhir suhu diatur kembali agar stabil pada 40-40,5°C.



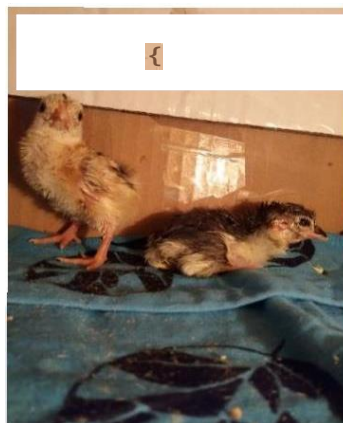
Gambar 4.2. Grafik Kestabilan Suhu Terhadap Waktu

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa suhu yang dihasilkan oleh pemanas peltier didalam alat penetas telur stabil pada suhu ± 38,5°C untuk empat hari pertama. Lalu, ketika sudah memasuki hari ke empat, termostat diatur menjadi ± 39,5°C untuk 18 hari berikutnya. Dan ketika sudah memasuki hari ke 19, termostat diatur kembali menjadi ± 40,5°C untuk tiga hari terakhir.

4.5 Pengaruh Penggunaan Peltier TEC1-12706 Sebagai Pemanas

4.3.1 Kemampuan Daya Tetas

Dan dari hasil pengujian penetasan telur yang telah dilakukan selama 21 hari tersebut, menunjukkan bahwa pemanas dengan menggunakan peltier TEC1-12706 ini mampu menetas telur ayam kampung sama seperti alat penetas telur pada umumnya yang menggunakan pemanas dari lampu pijar. Telur ayam kampung yang berhasil menetas sebanyak dua ekor terlihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.3. Anak Ayam Yang Menetas

Namun, kemampuan daya tetas dari alat penetas telur ini masih cukup rendah yaitu 22,2% karena hanya berhasil menetas dua butir telur dari jumlah telur fertil sebanyak sembilan butir. Presentase kemampuan daya tetas alat penetas telur didapat dari persamaan (4-1)

$$\text{Kemampuan Daya Tetas} = \frac{\text{Telur Menetas}}{\text{Telur Fertil}} \times 100\% \tag{4.1}$$

Keterangan :

Telur fertil = telur yang dapat menetas (embrio hidup)

Telur menetas = telur yang sudah menetas

Rendahnya kemampuan daya tetas pada sebuah alat penetas telur ini dipengaruhi oleh beberapa faktor lain yaitu pembacaan kelembapan yang masih kurang akurat serta *human error* seperti proses peneropongan telur yang kurang teliti, pemutaran telur yang tidak teratur dan pembersihan cangkang telur yang masih kurang maksimal saat pertama kali dimasukkan ke dalam alat tetas.

4.3.2 Penghematan Energi

Berikut adalah perbandingan antara alat penetas telur dengan pemanas peltier TEC1-12706 dengan pemanas lampu pijar.

Tabel 4.2. Perbandingan Peltier TEC1-12706 Dengan Lampu Pijar

Pemanas	Daya Listrik (Watt)	Waktu Mencapai <i>Set Point</i> 40°C	Wh
Peltier TEC1-12706	51,2	12 menit	10,24
Lampu Pijar	55	17 menit	15,565

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa daya listrik aktual dari alat penetas telur dengan menggunakan pemanas peltier TEC1-12706 lebih rendah yaitu 51,2 watt jika dibandingkan dengan lampu pijar yaitu 55 watt. Begitu pula dengan pemakaian energi per satu jam dari suhu lingkungan 28°C hingga mencapai suhu 40°C. Alat penetas telur dengan menggunakan pemanas peltier TEC1-12706 memiliki pemakaian energi yang lebih rendah yaitu 10,24 Wh jika dibandingkan dengan menggunakan pemanas dari lampu pijar yaitu 15,565 Wh, sehingga ada penghematan energi sebesar 5,325 Wh.

5. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Beban pemanasan yang terjadi pada alat penetas telur dengan kotak menggunakan triplek berukuran 35 x 30 x 35 cm dan ketebalan 15 mm ini adalah 27,72 watt.
2. Alat penetas telur sederhana ini telah menetas dua butir telur ayam kampung dengan menggunakan termostat yang dapat mengatur suhu agar stabil pada 38-40°C.
3. Alat penetas telur dengan menggunakan pemanas modul termoelektrik memiliki pemakaian energi yang lebih rendah yaitu 10,24 Wh jika dibandingkan dengan menggunakan pemanas dari lampu pijar yaitu 15,565 Wh, sehingga ada penghematan energi sebesar 5,325 Wh.

Daftar Pustaka

- [1] Rasyraf, M, *Beternak Ayam Kampung*, Surabaya : Karya Anda, 1995.
- [2] N. MN, "Penentuan Suhu Pada Ruangan Penetas Telur Berbasis Mikroprosesor," *Jurnal Penelitian MIPA*, vol. 1, 2007.
- [3] Thermoelectric Cooler, Shanghai: Hebei I.T.Co.,Ltd.
- [4] S. Lineykin and S. Ben-Yaakov, "Modeling and Analysis of Thermoelectric Modules," *Transaction On Industry Application*, vol. 43, no. 2, p. 505, 2007.
- [5] Rahayuningtyas, M. Furqon and T. Santoso, "Rancang Bangun Alat Penetas Telur Sederhana Menggunakan Sensor Suhu Dan Penggerak Rak Otomatis," *Sains, Teknologi, dan Kesehatan*, 2014.
- [6] J. Holman, *Heat Transfer Sixth Edition*, Singapore: McGraw-HillBook Co., 1986.
- [7] Y. A. Cengel, *Heat Transfer Second Edition*, New York : McGraw-Hill, 2002.
- [8] Mulyono, "Model Matematis Perpindahan Panas Pada Tabung Vakum," *Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT)*, 2013.
- [9] Ryanuargo, S. Anwar and P. S. Sari, "Generator Mini dengan Prinsip Termoelektrik dari Uap Panas Kondensor pada Sistem Pendingin," *Jurnal Rekayasa Elektrika* vol. 10, no.4, p. 180, 2013.
- [10] Sugiyanto. *Pengembangan Cool Box*. 2008
- [11] T. D. Atmaja, G. Pikra and K. Ismail, "Manajemen Termal Heat Sink Pada Modul Kendali Motor Kendaraan Hibrid," *Seminar Nasional Teknik Mesin X*, 2011.
- [12] Muchlas, N. S. Widodo dan W. Wulur, "Karakterisasi Sistem Kendali On-Off Suhu Cairan Berbasis Mikrokontroler AT90S8535," *Telkommika*, Vol. 3, No. 2, pp. 123-133, 2006.