

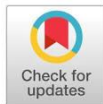
# RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK PENETASAN TELUR AYAM KAMPUNG

Riny Sulistyowati\*, Dio Indra Bayu

Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro dan Teknik Informasi, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya,  
Indonesia Email: riny.971073@itats.ac.id\*, dioindrabayu62@gmail.com

## Info Artikel

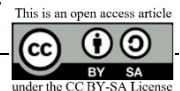
Histori Artikel:  
Diterima Apr 03, 2026  
Direvisi Apr 15, 2026  
Disetujui Apr 30, 2026



## ABSTRACT

Electric power is one type of energy that is needed in everyday life. However, power outages often occur due to several factors. Consequently, the supply of electrical energy to the community is hampered, especially for those who run a free-range chicken egg-hatching business in an incubator. The hatching process requires electrical energy to heat the eggs using a 15-watt lamp for 21 days. Therefore, it is necessary to develop various alternative energies, such as renewable energy, by utilizing solar energy through solar panels. Unfortunately, solar panels have the drawback of unstable voltage because it depends on the intensity of sunlight. Of course, such conditions can pose a risk during the battery charging process. Therefore, a Buck-Boost converter circuit is vital to stabilize the voltage of the solar panel. Additional temperature and humidity sensors are also necessary for the egg-hatching process in the incubator. The measurement results of the Buck-Boost Converter circuit could stabilize the solar panel voltage by 14 V with an average current of 1.5 A in the first week, 1.4 A in the second week, and 1.4 A in the third week. Meanwhile, the results of temperature and humidity measurements in the incubator met the standards, with an average temperature of 37°C and 56% humidity. Thus, these values were ideal for the process of hatching eggs.

**Keywords:** new renewable energy; buck-boost converter; incubator



## ABSTRAK

Tenaga listrik merupakan salah satu jenis energi yang sangat diperlukan dalam kehidupan sehari-hari, namun sering kali terjadi pemadaman listrik yang disebabkan oleh beberapa faktor. Dengan kondisi seperti ini maka suplai energi listrik untuk masyarakat menjadi terhambat khususnya bagi yang menjalankan usaha penetasan telur ayam kampung pada inkubator, dimana dalam proses penetasan ini membutuhkan energi listrik untuk menghangatkan telur menggunakan lampu 15 watt selama 21 hari. Oleh karena itu perlu mengembangkan berbagai energi alternatif salah satunya energi baru terbarukan dengan memanfaatkan energi matahari menggunakan panel surya. Namun, panel surya memiliki suatu kekurangan yaitu tegangan yang dihasilkan tidak stabil karena bergantung pada intensitas cahaya matahari, tentu dengan kondisi seperti itu dapat berisiko pada proses pengisian aki. Oleh sebab itu diperlukan rangkaian Buck-boost converter untuk menstabilkan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya. Dan menambahkan sensor suhu dan kelembaban untuk proses penetasan telur pada inkubator. Hasil pengukuran rangkaian Buck-boost converter dapat menstabilkan tegangan panel surya sebesar 14 V dengan arus rata-rata 1,5 A pada minggu pertama, 1,4 A pada minggu kedua, dan 1,4 A pada minggu ketiga. Dan hasil pengukuran suhu dan kelembaban pada inkubator sudah memenuhi standar dengan suhu rata – rata 37°C dan kelembaban 56%, sehingga nilai tersebut ideal untuk proses penetasan telur.

**Kata Kunci:** Energi Baru Terbarukan; Buck Boost Converter; Inkubator

## Penulis Korespondensi:

Riny Sulistyowati,  
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro dan  
Teknologi Informasi,  
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya,  
Jl. Arief Rahman Hakim No.100, Klampis Ngasem, Kec. Sukolilo,  
Surabaya, Jawa Timur 60117.  
riny.971073@itats.ac.id



## 1. PENDAHULUAN

Ketersediaan energi listrik yang andal merupakan salah satu faktor penting dalam mendukung berbagai aktivitas produksi masyarakat, termasuk pada sektor peternakan unggas. Dalam proses penetasan telur menggunakan mesin inkubator, kestabilan suplai energi listrik menjadi kebutuhan utama karena proses perkembangan embrio sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan inkubasi yang harus dijaga secara konstan selama periode tertentu. Pada telur ayam kampung, proses inkubasi berlangsung selama  $\pm 21$  hari dan membutuhkan suhu ruang inkubasi sekitar  $37 - 39^\circ\text{C}$  serta kelembapan yang relatif stabil agar embrio dapat berkembang secara optimal hingga menetas. Gangguan pasokan energi listrik selama periode inkubasi berpotensi menyebabkan penurunan suhu ruang inkubator, yang dapat menghambat perkembangan embrio bahkan menyebabkan kegagalan penetasan. Permasalahan ini sering dijumpai pada peternakan skala kecil yang masih bergantung pada jaringan listrik konvensional yang tidak selalu stabil atau memiliki keterbatasan akses listrik, terutama pada daerah rural dan semi-perkotaan [1], [2].

Dalam beberapa tahun terakhir, pemanfaatan energi terbarukan mulai banyak dikembangkan sebagai alternatif sumber energi pada berbagai aplikasi sistem skala kecil, termasuk pada sektor pertanian dan peternakan. Salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar di wilayah tropis adalah energi surya yang dapat dikonversi menjadi energi listrik menggunakan modul *fotovoltaik* pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Teknologi PLTS memiliki beberapa keunggulan, antara lain ketersediaan energi yang melimpah, biaya operasional yang rendah, serta kemudahan integrasi pada sistem energi mandiri berskala kecil. Oleh karena itu, pemanfaatan PLTS sebagai sumber energi alternatif untuk mesin inkubator telur menjadi salah satu pendekatan yang menjanjikan dalam mendukung kemandirian energi pada peternakan rakyat [3], [4], [5].

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengkaji pengembangan sistem inkubator telur otomatis dengan memanfaatkan teknologi sensor, mikrokontroler, dan sistem kendali suhu untuk meningkatkan tingkat keberhasilan penetasan. Beberapa studi juga melaporkan bahwa integrasi energi surya pada inkubator dapat meningkatkan fleksibilitas penggunaan alat terutama pada wilayah dengan keterbatasan jaringan listrik [5], [6]. Selain itu, perkembangan teknologi *Internet of Things*

(IoT) juga telah memungkinkan sistem inkubator dilengkapi dengan pemantauan jarak jauh untuk memantau suhu dan kelembapan ruang inkubasi secara *real-time* [7], [8]. Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut lebih menitikberatkan pada aspek kontrol suhu dan sistem otomasi inkubator, sementara aspek stabilitas sumber energi yang berasal dari panel surya masih belum dibahas secara mendalam.

Permasalahan utama dalam pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi pada sistem inkubator adalah karakteristik keluaran panel surya yang bersifat fluktuatif dan sangat dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari. Tegangan keluaran panel surya dapat berubah secara signifikan sepanjang hari akibat perubahan kondisi cuaca, sudut penyinaran matahari, maupun temperatur modul. Kondisi ini dapat menyebabkan tegangan yang masuk ke sistem penyimpanan energi maupun ke beban menjadi tidak stabil apabila tidak dikondisikan dengan baik. Pada sistem yang menggunakan baterai sebagai penyimpanan energi, tegangan pengisian yang tidak stabil dapat mengurangi efisiensi pengisian baterai serta berpotensi menurunkan umur baterai. Oleh karena itu, diperlukan suatu rangkaian pengondisi daya (*power conditioning system*) yang mampu mengatur tegangan keluaran panel surya agar sesuai dengan kebutuhan sistem [8], [9], [10], [11].

Salah satu topologi konverter DC–DC yang banyak digunakan pada sistem energi surya adalah *Buck-boost converter* karena memiliki kemampuan untuk menaikkan maupun menurunkan tegangan keluaran sesuai dengan kondisi tegangan masukan. *Buck-boost converter* bekerja dengan mengatur siklus kerja (*duty cycle*) dari elemen switching sehingga tegangan keluaran dapat dipertahankan pada nilai tertentu meskipun terjadi perubahan tegangan masukan. Beberapa penelitian terbaru menunjukkan bahwa penggunaan *Buck-boost converter* pada sistem PLTS mampu meningkatkan stabilitas tegangan serta memperbaiki performa sistem pengisian baterai pada berbagai aplikasi energi terbarukan [12], [13], [14]. Selain itu, integrasi konverter DC–DC pada sistem *fotovoltaik* juga dapat meningkatkan efisiensi konversi energi serta menjaga kestabilan suplai daya ke beban yang sensitif terhadap perubahan tegangan [15], [16].

Walaupun penelitian mengenai sistem PLTS maupun *Buck-boost converter* telah banyak dilakukan, sebagian besar penelitian tersebut berfokus pada optimasi konverter dan algoritma *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) untuk meningkatkan efisiensi sistem *fotovoltaik*.

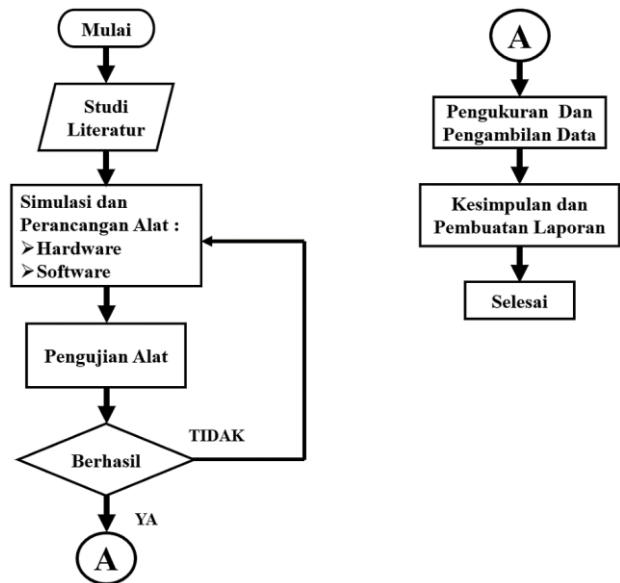
Sementara itu, penelitian mengenai inkubator telur lebih banyak menitikberatkan pada sistem kontrol suhu dan kelembapan tanpa mempertimbangkan aspek stabilitas catu daya dari sumber energi terbarukan. Dengan demikian, masih terdapat kesenjangan penelitian pada integrasi antara sistem pembangkit listrik tenaga surya, konverter DC-DC, sistem penyimpanan energi, dan mesin inkubator telur dalam satu sistem yang dirancang untuk menjamin kontinuitas suplai energi selama proses inkubasi berlangsung [17], [18].

Berdasarkan analisis terhadap penelitian-penelitian sebelumnya, dapat diidentifikasi bahwa masih terbatas penelitian yang secara khusus mengkaji integrasi PLTS dengan *Buck-boost converter* sebagai sistem pengondisi daya pada aplikasi inkubator penetas telur ayam kampung. Sebagian penelitian hanya mengkaji sistem inkubator berbasis listrik konvensional atau hanya memanfaatkan panel surya tanpa sistem pengaturan tegangan yang optimal. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan pendekatan integratif melalui perancangan sistem pembangkit listrik tenaga surya yang dilengkapi dengan rangkaian *Buck-boost converter* untuk menstabilkan tegangan keluaran panel surya sebelum digunakan untuk pengisian baterai dan penyediaan energi bagi sistem inkubator. Dengan pendekatan ini, diharapkan sistem inkubator dapat memperoleh suplai energi listrik yang lebih stabil sehingga mampu menjaga kondisi suhu dan kelembapan ruang inkubasi selama proses penetasan telur berlangsung [15], [16], [19], [20-21].

Berdasarkan kesenjangan penelitian tersebut, tujuan penelitian ini adalah merancang dan merealisasikan sistem PLTS yang terintegrasi dengan *Buck-boost converter* sebagai pengatur tegangan untuk mendukung penyediaan energi listrik pada mesin inkubator penetas telur ayam kampung. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam mempertahankan kestabilan tegangan pengisian baterai, serta menganalisis

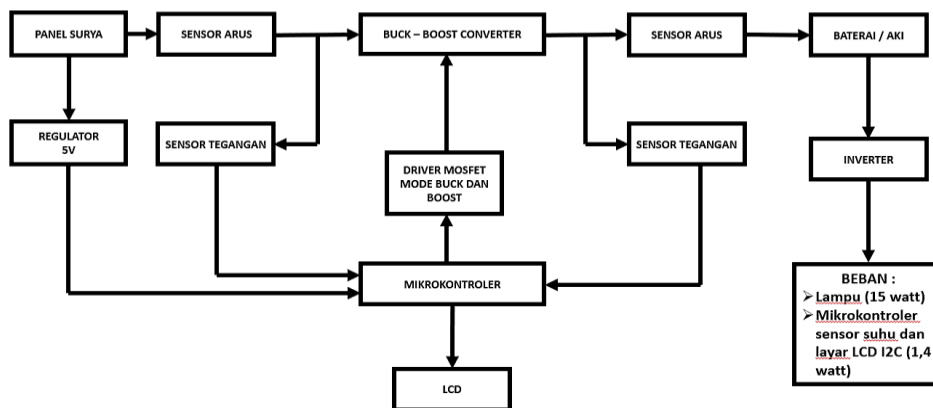
kemampuan sistem dalam mendukung kestabilan suhu dan kelembapan ruang inkubasi selama periode penetasan telur.

## 2. METODE PENELITIAN



Gambar 1 Flowchart Diagram Alir Penelitian

Rancangan penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang disusun secara sistematis sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Penelitian diawali dengan studi literatur yang bertujuan untuk memahami konsep dasar sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), *buck-boost converter*, serta teknologi inkubator penetas telur. Tahap berikutnya adalah simulasi dan perancangan sistem yang meliputi perancangan rangkaian *buck-boost converter*, sistem PLTS, serta rancangan inkubator. Setelah proses perancangan selesai, dilakukan pengujian sistem untuk memastikan seluruh komponen dapat bekerja sesuai dengan target perancangan. Selanjutnya dilakukan pengambilan data dari hasil pengujian sistem yang kemudian dianalisis untuk mengevaluasi kinerja sistem secara keseluruhan.



Gambar 2 Blok Diagram Sistem

Perancangan sistem PLTS yang diterapkan pada inkubator penetas telur ditunjukkan pada blok diagram sistem pada Gambar 2. Panel surya berfungsi sebagai sumber energi utama yang menghasilkan tegangan DC dengan rentang sekitar 8 – 19 V tergantung intensitas radiasi matahari. Karena tegangan keluaran panel surya bersifat fluktuatif, maka digunakan rangkaian *Buck-boost converter* untuk menstabilkan tegangan keluaran agar tetap berada pada 14 V sehingga proses pengisian baterai dapat dilakukan dengan aman. Mikrokontroler digunakan sebagai pengendali utama yang menghasilkan sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM) untuk mengatur MOSFET pada rangkaian *buck-boost converter*. Sensor tegangan dan sensor arus digunakan untuk memantau kondisi listrik pada sisi input maupun output konverter sehingga mikrokontroler dapat menyesuaikan nilai *duty cycle* PWM untuk menjaga kestabilan tegangan. Energi yang tersimpan pada baterai kemudian dialirkan ke inverter untuk mengubah tegangan DC menjadi AC yang digunakan sebagai sumber energi bagi lampu pemanas inkubator. Perancangan *Buck-boost converter* dilakukan dengan menentukan beberapa parameter dasar yaitu daya maksimum panel surya 100 Wp, tegangan input minimum 8 V, tegangan input maksimum 19 V, tegangan output 14 V, ripple arus 30%, ripple tegangan 10%, serta frekuensi switching 50 kHz. Berdasarkan parameter tersebut dilakukan perhitungan komponen rangkaian konverter. Arus output dihitung menggunakan persamaan daya pada beban:

$$P_{out} = \frac{V_o^2}{R}$$

$$100 = \frac{14^2}{R}$$

$$R = 1.96 \Omega$$

Arus output diperoleh dari:

$$I_{out} = \frac{V_o}{R}$$

$$I_{out} = \frac{14}{1.96} = 7.1 A$$

*Duty cycle* konverter dihitung berdasarkan kondisi tegangan input minimum dan maksimum. Untuk tegangan input minimum 8 V, *duty cycle* dihitung dengan persamaan:

$$D = 1 - \frac{V_i}{V_o}$$

$$D = 1 - \frac{8}{14} = 0.42$$

Sedangkan pada tegangan input maksimum 19 V diperoleh:

$$D = \frac{V_o}{V_i}$$

$$D = \frac{14}{19} = 0.73$$

Nilai induktor dihitung menggunakan persamaan:

$$L = \frac{V_i \times D}{\Delta I_L \times f}$$

Pada tegangan input minimum diperoleh:

$$L = \frac{8 \times 0.42}{0.3 \times 50000} = 224 \mu H$$

Sedangkan pada tegangan input maksimum diperoleh:

$$L = \frac{19 \times 0.73}{0.3 \times 50000} = 389 \mu H$$

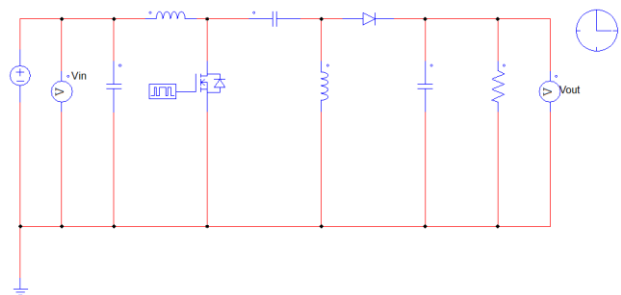
Nilai kapasitor dihitung menggunakan persamaan:

$$C = \frac{D}{R \times \Delta V_o \times f}$$

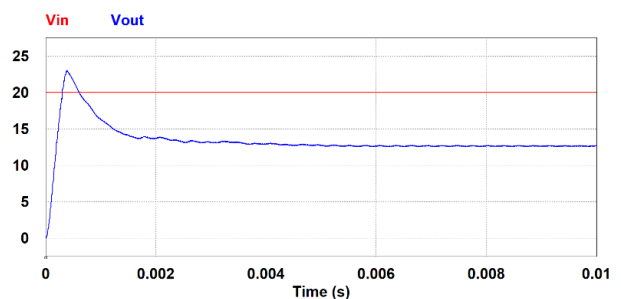
$$C = \frac{0.73}{1.96 \times 0.01 \times 50000}$$

$$C = 744 \mu F$$

Untuk memverifikasi desain rangkaian yang telah dihitung, dilakukan simulasi menggunakan perangkat lunak PSIM sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Rangkaian *Buck Boost Converter* Pada Simulasi PSIM

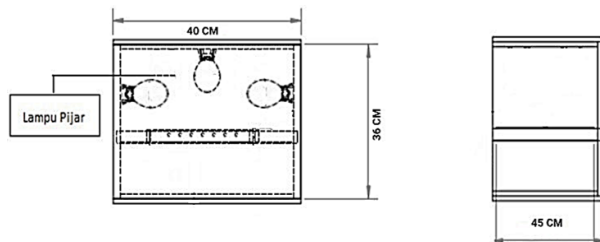


Gambar 4 Hasil Simulasi Rangkaian

Hasil simulasi pada Gambar 4 menunjukkan bahwa ketika tegangan input sebesar 20 V, rangkaian *Buck-boost converter* mampu menghasilkan

tegangan output sebesar  $14\text{ V}$ . Perubahan tegangan ini dipengaruhi oleh nilai *duty cycle* PWM yang mengatur mode operasi konverter, dimana *duty cycle* kurang dari  $50\%$  menyebabkan tegangan output lebih rendah dari tegangan input (mode buck), sedangkan *duty cycle* lebih dari  $50\%$  menyebabkan tegangan output lebih tinggi dari tegangan input (mode boost).

Inkubator penetas telur dirancang dengan kapasitas maksimal 20 butir telur ayam kampung dengan dimensi  $40\text{ cm} \times 43\text{ cm} \times 36\text{ cm}$  sebagaimana ditunjukkan pada [Gambar 10](#).



**Gambar 5** Rancangan Inkubator Penetas Telur

Struktur inkubator dibuat menggunakan bahan kayu dengan ketebalan  $1\text{ cm}$  dan lapisan multipleks



(a)



(b)

**Gambar 6** inkubator telur

a) Rangkaian Sistem Keseluruhan; b) Inkubator Tampak Dalam

Pada [Gambar 6\(a\)](#) ditunjukkan integrasi rangkaian sistem secara keseluruhan, sedangkan [Gambar 6\(b\)](#) memperlihatkan kondisi bagian dalam inkubator yang dilengkapi dengan lampu pemanas serta sensor suhu dan kelembaban. Sistem ini dirancang untuk memastikan energi listrik yang dihasilkan panel surya dapat dimanfaatkan secara stabil untuk menjaga kondisi inkubasi telur selama proses penetasan berlangsung.

Panel surya menghasilkan tegangan yang bervariasi tergantung pada intensitas radiasi matahari. Berdasarkan hasil pengukuran, tegangan panel surya berada pada kisaran  $8 - 19\text{ V}$ , sehingga diperlukan rangkaian konverter DC-DC untuk

$4\text{ mm}$  sebagai isolasi termal. Sumber panas pada inkubator menggunakan tiga lampu pijar masing-masing  $5\text{ W}$  sehingga total daya pemanas sebesar  $15\text{ W}$ . Lampu pemanas tersebut berfungsi untuk menjaga suhu ruang inkubasi pada kisaran  $35 - 37\text{ }^\circ\text{C}$  selama proses penetasan telur yang berlangsung sekitar 21 hari.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Penelitian

##### 3.1.1. Implementasi Sistem PLTS pada Inkubator Penetas Telur

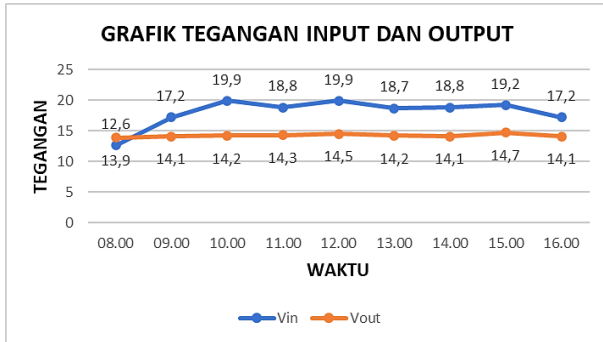
Hasil implementasi sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang diterapkan pada inkubator penetas telur ditunjukkan pada [Gambar 6](#). Sistem terdiri dari panel surya sebagai sumber energi utama, rangkaian *Buck-boost converter* sebagai pengatur tegangan, baterai sebagai media penyimpanan energi, inverter sebagai pengubah tegangan DC menjadi AC, serta inkubator sebagai beban pemanas.

menjaga kestabilan tegangan pada level pengisian baterai. Oleh karena itu digunakan *Buck-boost converter* yang berfungsi menyesuaikan tegangan keluaran agar tetap berada pada kisaran  $14\text{ V}$  sehingga aman untuk proses pengisian baterai dan suplai energi ke inkubator. Dengan adanya sistem penyimpanan energi pada baterai, inkubator tetap dapat beroperasi pada malam hari ketika panel surya tidak menghasilkan energi listrik.

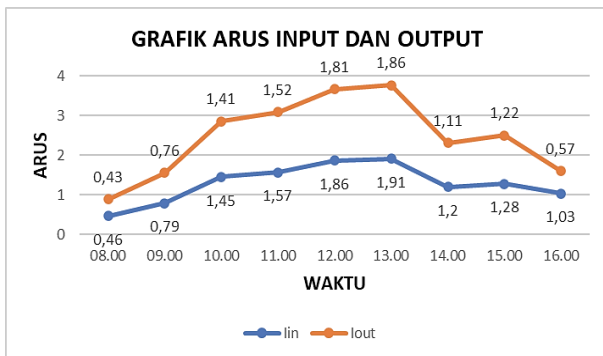
##### 3.1.2. Analisis Kinerja *Buck-boost converter* dan Sistem Pengisian Energi

Pengujian rangkaian *Buck-boost converter* dilakukan dengan menggunakan panel surya

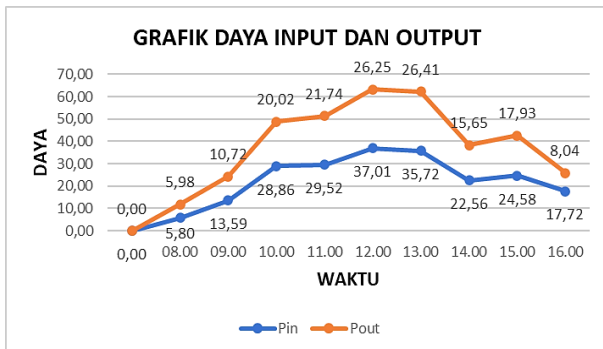
sebagai sumber tegangan input. Pengujian dilakukan pada rentang waktu 08.00 – 16.00 dengan interval pencatatan data setiap satu jam. Parameter yang diamati meliputi tegangan, arus, dan daya keluaran konverter sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7, Gambar 8, dan Gambar 9.



Gambar 7 Grafik Tegangan Buck Boost Converter



Gambar 8 Grafik Arus Buck Boost Converter

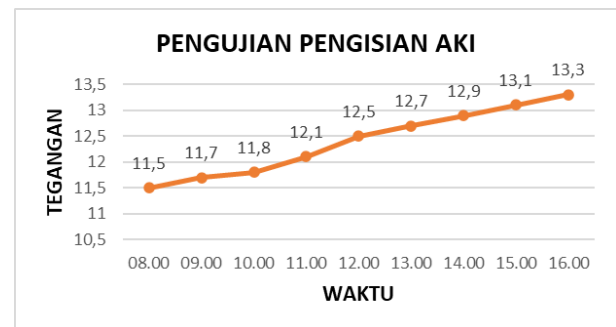


Gambar 9 Grafik Daya Buck Boost Converter

Berdasarkan hasil pengujian, tegangan keluaran konverter dapat dipertahankan pada kisaran 14,2 V, yang mendekati nilai tegangan referensi 14 V yang dirancang pada tahap perancangan sistem. Stabilitas tegangan ini menunjukkan bahwa rangkaian konverter mampu menyesuaikan nilai *duty cycle* PWM untuk mengkompensasi perubahan tegangan input dari panel surya. Pada kondisi pagi hari sekitar pukul 08.00, tegangan panel surya masih relatif rendah sehingga konverter bekerja pada mode boost untuk meningkatkan tegangan input agar mencapai tegangan pengisian baterai. Sebaliknya pada siang

hari ketika tegangan panel surya meningkat hingga sekitar 19 V, konverter bekerja pada mode buck untuk menurunkan tegangan agar tetap berada pada kisaran yang aman untuk baterai.

Nilai arus keluaran rata-rata sebesar 1,18 A, sedangkan daya maksimum yang dihasilkan sistem mencapai 26,41 W pada pukul 13.00, dan daya minimum sebesar 5,98 W pada pukul 08.00. Variasi daya ini dipengaruhi oleh perubahan intensitas radiasi matahari yang diterima panel surya sepanjang waktu pengujian. Secara teknis, kondisi ini menunjukkan bahwa kinerja sistem *photovoltaik* sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti intensitas cahaya matahari dan kondisi cuaca.



Gambar 10 Grafik Hasil Pengujian Pengisian Aki

Selain pengujian kinerja konverter, dilakukan juga pengujian pada sistem pengisian baterai sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 10. Tegangan awal baterai sebelum proses pengisian tercatat sebesar 11,95 V. Setelah proses pengisian berlangsung selama periode pengujian, tegangan baterai meningkat hingga mencapai 13,3 V. Peningkatan tegangan ini menunjukkan bahwa sistem konverter mampu menyalurkan energi dari panel surya ke baterai secara efektif.

Stabilitas tegangan pengisian pada kisaran 14 V sangat penting untuk menjaga performa baterai. Tegangan pengisian yang terlalu rendah dapat menyebabkan baterai tidak terisi secara optimal, sedangkan tegangan yang terlalu tinggi dapat mempercepat kerusakan baterai. Dengan demikian, penggunaan *Buck-boost converter* pada sistem ini berperan penting dalam menjaga kualitas daya yang dihasilkan panel surya sebelum disimpan pada baterai.

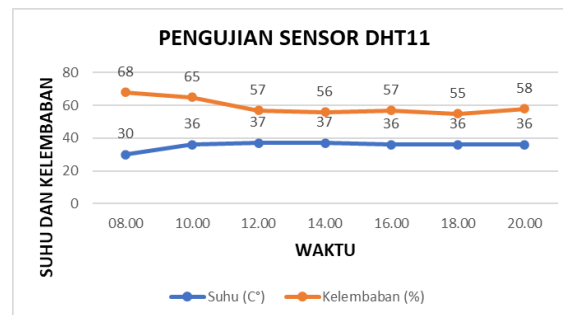
### 3.1.3. Analisis Kinerja Buck-boost converter dan Sistem Pengisian Energi

Pengujian kinerja inkubator dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menjaga kondisi lingkungan yang diperlukan untuk proses penetasan telur ayam kampung. Parameter utama yang diamati adalah suhu dan kelembaban ruang inkubasi yang diukur menggunakan sensor DHT11,

sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 11 dan Gambar 12.



Gambar 11 Pengujian Sensor DHT11



Gambar 12 Hasil Pengujian Sensor Suhu dan Kelembaban

**3.2. Pembahasan Hasil Penelitian**

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa suhu inkubator berada pada kisaran 35 – 38 °C, sedangkan kelembaban berada pada kisaran 55 – 65 %. Nilai tersebut masih berada dalam rentang

kondisi yang ideal untuk proses inkubasi telur ayam kampung. Stabilitas suhu tersebut diperoleh dari penggunaan tiga lampu pijar dengan total daya 15 W sebagai sumber panas utama di dalam inkubator.

Tabel 1 Hasil Pengukuran Minggu Pertama

Hari	BUCK-BOOST CONVERTER				Tegangan		Suhu (C°)	Kelembaban (%)
	Input		Output		Aki (V)	Inverter (V)		
	Tegangan (V)	Arus (I)	Tegangan (V)	Arus (I)				
1	18,2	1,92	13,4	1,82	12,5	218	38	56
2	19,3	1,88	14,1	1,76	12,9	218	38	55
3	18,7	1,99	14	1,85	12,7	219	38	55
4	19,5	1,21	13,7	1,16	12,4	220	38	56
5	18,7	1,55	13,9	1,47	12,5	219	37	56
6	18,2	1,11	13,9	1,01	12,3	219	38	55
7	19,1	1,98	13,8	1,83	12,6	219	38	55

Tabel 2 Hasil Pengukuran Minggu Kedua

Hari	BUCK-BOOST CONVERTER				Tegangan		Suhu (C°)	Kelembaban (%)
	Input		Output		Aki (V)	Inverter (V)		
	Tegangan (V)	Arus (I)	Tegangan (V)	Arus (I)				
1	19,4	1,55	13,8	1,4	12,7	220	38	55
2	18,6	0,96	12,2	0,8	12	219	38	55
3	17,4	1,55	13,9	1,46	12,4	219	37	54
4	18,7	1,22	13,6	1,17	12,2	218	36	54
5	19,2	1,76	14,1	1,66	12,5	218	37	57
6	18,4	1,99	13,8	1,83	12,2	219	37	56
7	19,7	1,81	13,8	1,72	12,4	220	36	57

**Tabel 3** Hasil Pengukuran Minggu Ketiga

Hari	BUCK-BOOST CONVERTER				Tegangan		Suhu (C°)	Kelembaban (%)
	Input		Output		Aki (V)	Inverter (V)		
	Tegangan (V)	Arus (I)	Tegangan (V)	Arus (I)				
1	20,1	2,12	14,2	1,87	12,5	219	36	57
2	19,2	1,46	13,9	1,39	12,4	219	36	57
3	19	1,57	13,9	1,48	12,5	218	37	58
4	18,7	1,6	13,7	1,51	12,4	219	37	57
5	17,6	1,32	13,8	1,28	12,3	220	37	58
6	19,3	1,47	13,8	1,39	12,4	219	37	58
7	18,8	1,66	13,7	1,57	12,5	220	37	56

Pengujian sistem dilakukan selama 21 hari, sesuai dengan periode penetasan telur ayam kampung. Berdasarkan hasil pengukuran mingguan yang ditunjukkan pada [Tabel 1](#), [Tabel 2](#), dan [Tabel 3](#), sistem PLTS mampu menyediakan energi listrik secara stabil untuk mempertahankan kondisi inkubator. Tegangan keluaran konverter pada ketiga minggu pengujian berada pada kisaran 13,8–14 V, sedangkan tegangan baterai tetap berada di atas 12 V, yang menunjukkan bahwa sistem penyimpanan energi bekerja dengan baik.

Pada minggu kedua terjadi sedikit penurunan tegangan baterai hingga sekitar 12,1 V akibat kondisi cuaca yang mendung dan hujan sehingga energi yang dihasilkan panel surya menjadi lebih kecil. Namun demikian, sistem masih mampu mempertahankan operasi inkubator karena energi yang tersimpan pada baterai masih mencukupi untuk menyuapli beban pemanas.

Pengujian akhir dilakukan dengan memasukkan 11 butir telur ayam kampung ke dalam inkubator selama periode inkubasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa 3 telur berhasil menetas, sedangkan 8 telur lainnya tidak menetas sebagaimana ditunjukkan pada [Tabel 4](#).

**Tabel 4** Hasil Penetasan Telur

Telur ke -	Hasil
1	Tidak Menetas
2	Tidak Menetas
3	Tidak Menetas
4	Tidak Menetas
5	Menetas
6	Menetas
7	Tidak Menetas
8	Tidak Menetas
9	Tidak Menetas
10	Tidak Menetas
11	Menetas

Berdasarkan hasil pengamatan, telur yang tidak menetas menunjukkan perkembangan embrio yang telah terbentuk namun tidak berkembang secara sempurna hingga tahap penetasan.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa dari sisi sistem energi dan pengendalian suhu, inkubator telah mampu menyediakan kondisi lingkungan yang sesuai untuk proses inkubasi. Faktor kegagalan penetasan sebagian telur kemungkinan lebih dipengaruhi oleh aspek mekanis inkubator, seperti proses pemutaran telur yang belum dilakukan secara otomatis serta kualitas telur yang digunakan. Pada sistem inkubator modern, pemutaran telur secara periodik merupakan faktor penting yang mempengaruhi tingkat keberhasilan penetasan karena membantu menjaga distribusi panas dan perkembangan embrio secara merata.

Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem PLTS berbasis *Buck-boost converter* mampu menyediakan sumber energi yang stabil untuk aplikasi inkubator penetas telur pada peternakan skala kecil. Sistem ini memiliki potensi untuk digunakan sebagai solusi energi alternatif terutama pada daerah yang memiliki keterbatasan pasokan listrik dari jaringan utama.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian, sistem pembangkit listrik tenaga surya yang dibuat mampu menyediakan suplai energi listrik secara berkelanjutan untuk inkubator selama 24 jam penuh pada masa penetasan, sehingga operasional inkubator tidak lagi sepenuhnya bergantung pada sumber listrik PLN dan tetap dapat berfungsi meskipun terjadi gangguan atau pemadaman pada jaringan utama. Selain itu, rangkaian *buck-boost converter* yang diterapkan berhasil mengondisikan fluktuasi tegangan dari panel surya agar tetap sesuai dengan kebutuhan pengisian baterai, dengan tegangan pengisian sekitar 14 V dan arus pengisian rata-rata 1,4 A; pada saat tegangan panel lebih rendah rangkaian bekerja dalam mode *boost*, sedangkan pada saat tegangan lebih tinggi bekerja dalam mode *buck*, sehingga proses pengisian berlangsung stabil. Di sisi lain, hasil pengukuran lingkungan di dalam inkubator menunjukkan suhu rata-rata sekitar 37 °C dan kelembaban sekitar 56%,

yang berada pada kisaran ideal untuk mendukung proses penetasan telur secara optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. I. Owamah, E. C. Sada, O. E. Dibia, and O. E. Odeh, "Design and Fabrication of a Local Solar-Powered Poultry Egg Incubator for a Low-Income Country," *J. Inst. Eng. Ser. B*, 2022.
- [2] B. Kommey and others, "Design and Construction of Smart Solar Powered Egg Incubator Based on GSM/IoT," *Sci. African*, 2022.
- [3] H. B. Patil and others, "Development and Evaluation of Solar Powered IoT Controlled Poultry Egg Incubator," *J. Sci. Res. Reports*, 2025.
- [4] M. O. Lawal, C. A. Ogunlade, and K. T. Atanda, "Development and Evaluation of a Locally Designed Solar Integrated Egg Incubator," *UNIOSUN J. Eng. Environ. Sci.*, 2023.
- [5] S. M. A. A.-A. A. R. U. M., "DESIGN OF A SMART SOLAR HYBRID EGG INCUBATOR FOR SMALL," *Zo. Arid Of, J. Information, Artic.*, vol. 20, no. June, pp. 375–384, 2024.
- [6] P. B. (PERBUP) K. S. N. 71 T. 2019, "Pengurangan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Rumah Tangga," *Peratur. Bupati Kabupaten Sidoarjo Nomor 71 Tahun 2019*, p. 1 point a, [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/147081/perbup-kab-sidoarjo-no-71-tahun-2019>
- [7] A. G. S. R. D. A. Z. M. J. U. J. A. S. M. A. S. A. M. M. H. M. M. K. M. G. B. Shahi, "Smart IoT Egg Incubator System with Machine Learning for Damaged Egg Detection," in *Springer Book Chapter*, Springer, 2025.
- [8] R. G. Guerra, M.I.S.; Ugulino de Araújo, F.M.; Dhimish, M.; Vieira, "Assessing Maximum Power Point Tracking Intelligent Techniques on a PV System with a Buck-boost converter," *Energies*, 2021.
- [9] L. M. F. Seguel, J.L.; Seleme, S.I., Jr.; Morais, "Comparative Study of Buck-Boost, SEPIC, Cuk and Zeta DC-DC Converters Using Different MPPT Methods for Photovoltaic Applications," *Energies*, 2022.
- [10] S. Elrefaey, M.S.; Ibrahim, M.E.; Eldin, E.T.; Hegazy, H.Y.; El-Kholy, E.E.; Abdalfatah, "Multiple-Source Single-Output Buck-Boost DC-DC Converter with Increased Reliability for Photovoltaic (PV) Applications," *Energies*, 2023.
- [11] L.-Y. Sabir, B.; Lu, S.-D.; Liu, H.-D.; Lin, C.-H.; Sarwar, A.; Huang, "A Novel Isolated Intelligent Adjustable Buck-boost converter with Hill Climbing MPPT Algorithm for Solar Power Systems," *Processes*, 2023.
- [12] S. Ye, D.; Martinez, "A Three-Port DC-DC Converter with Partial Power Regulation for a Photovoltaic Generator Integrated with Energy Storage," *Electronics*, 2024.
- [13] E. R. Amaral da Luz, C.M.; Okada, K.F.Á.; Morais, A.S.; Tofoli, F.L.; Ribeiro, "Switched-Capacitor Based Hybrid Resonant Bidirectional Buck--Boost Converter for Improving Energy Harvesting in Photovoltaic Systems," *Sustainability*, 2024.
- [14] A. Muhammad, A. A. M. A. Q. A. R. Bhatti, and A. M. Mahmood, "Deep Learning Based Buck-boost converter for PV Modules," *Heliyon*, 2024.
- [15] A. B. Djilali, A. Yahdou, H. Benbouhenni, A. Alhejji, D. Zellouma, and E. Bounadja, "Enhanced Perturb and Observe Control for Addressing Power Loss under Rapid Load Changes Using a Buck--Boost Converter," *Energy Reports*, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2024.07.032>.
- [16] S. Manna et al., "Design and Implementation of a New Adaptive MPPT Controller for Solar PV Systems," *Energy Reports*, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.12.152>.
- [17] A. B. & A. A. K. J. Rajalakshmi, S. Jeyanthi, "Analysis of Solar Photovoltaic Integration and Plug-in Electric Vehicle Charging Systems with a Bidirectional Buck-Boost DC to DC Converter," *J. Inst. Eng. Ser. B*, 2025.
- [18] Y. S. & Z. C. Yingying Zhang, Chenyu Sun, Shuo Wang, "Bidirectional Buck--Boost Converter-Based Active Power Decoupling Method for Single-Phase Photovoltaic Grid-Connected Inverters," *J. Power Electron.*, 2024.
- [19] R. S. K. & A. R. S. Pradeep Vishnuram, Mohit Bajaj, "Buck-boost converter-Based Sliding Mode Maximum Power Point Tracking System for Photovoltaic Systems," in *Springer Book Chapter*, Springer, 2024.
- [20] R. Sulistyowati and A. Fadholi, "Optimalisasi Panel Surya Untuk Skala Rumah Tangga," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika (SNESTIK)*, 2022, pp. 11–20.
- [21] N. F. Muflikh, R. Sulistyowati, and I. Artikel, "Rancang Bangun Buck Boost Converter Pada Photovoltaic Untuk Pompa Air Motor Dc Kolam Ikan," vol. XIV, no. 2, pp. 122–128, 2025, doi: <https://doi.org/10.35508/jme.v0i0.21040>.