

## DEEP DISCHARGE BATERAI DALAM PERANCANGAN ENERGI TERBARUKAN PADA PANEL SURYA

Anggara Trisna Nugraha<sup>1</sup>, Purwidi Asri<sup>1</sup>, Hendro Agus  
Widodo<sup>1</sup>, Joesianto Eko Poetro<sup>1</sup>, Mohammad Abu Jamiin<sup>1</sup>,  
Joessianto Eko Poetro<sup>1</sup>, Urip Mudjiono<sup>1</sup>, Isa Rachman<sup>2</sup>,  
Mohammad Basuki Rahmat<sup>2</sup>, Muhammad Naufal Maulana<sup>1</sup>,  
Muhammad Fikri Fathurrohman<sup>1</sup>, Raimundus Risa  
Arnestanta<sup>1</sup>, Ivan Azwar Septiadi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Marine Electrical Engineering, Shipbuilding Electrical  
Engineering, Shipbuilding Institute of Polytechnic Surabaya, Jl.  
Teknik Kimia Keputih Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia.

<sup>2</sup> Automation Engineering, Shipbuilding Electrical Engineering,  
Shipbuilding Institute of Polytechnic Surabaya, Jl. Teknik Kimia  
Keputih Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia.

E-mail: [anggaranugraha@ppns.ac.id](mailto:anggaranugraha@ppns.ac.id)

### ABSTRAK

Energi terbarukan merupakan energi alternatif yang dapat digunakan secara terus menerus tanpa perlu khawatir akan polusi. Jenis energi terbarukan menjadi salah satu jenis energi yang sangat bersih karena tidak menghasilkan polutan yang dapat mencemari lingkungan. Salah satu hal yang bisa kita manfaatkan untuk mendapatkan energi baru terbarukan adalah dengan panel surya. Dalam hal ini, energi listrik yang dihasilkan kemudian disimpan dalam baterai. Selain keuntungan baterai dapat menyimpan energi listrik, penggunaan yang berlebihan akan menyebabkan baterai habis, dan diperlukan tindakan untuk mengatasinya. Baterai pembangkit energi terbarukan memiliki kondisi khusus yang tidak boleh sering terjadi yaitu kondisi deep discharge. Ketika uji coba alat alat dapat bekerja dengan baik. Permasalahan pada penelitian ini panel surya tidak diberikan optimotor tetapi hanya diberikan penstabil untuk memperoleh output yang baik pada kali ini menggunakan baterai VRLA 18 Ah yang menjadi baterai untuk panel surya. Pada penelitian ini didapatkan bahwa sistem autoswitch dapat mengisi baterai 1 dan baterai 2 pada saat level tegangan di bawah 11,88V atau DoD sudah di 55% dan berhenti mengisi ketika level tegangan di atas 12,86V untuk baterai 1 dan baterai 2.

**Kata Kunci:** Generator Hybrid, Baterai, Energi, Panel Surya

### ABSTRACT

Renewable energy is an alternative energy that can be used continuously without worrying about pollution. This type of renewable energy is one type of energy that is very clean because it does not produce pollutants that can pollute the environment. One of the things we can use to get new renewable energy is with solar panels. In this case, the electrical energy generated is then stored in the battery. In addition to the advantage that batteries can store electrical energy, excessive use will cause the battery to run out, and action is needed to overcome this. Renewable energy generator batteries have special conditions that should not occur frequently, namely deep discharge conditions. When testing the tools can work well. The problem in this research is that the solar panel is not given an optimotor but is only given a stabilizer to get a good output this time using an 18 Ah VRLA battery which is a battery for the solar panel. In this study it was found that the autoswitch system can charge battery 1 and battery 2 when the voltage level is below 11.88V or the DoD is at 55% and stops charging when the voltage level is above 12.86V for battery 1 and battery 2.

**Keyword :** Hybrid Generators, Battery, Energy, Solar Cell

## 1. PENDAHULUAN

EBT atau yang biasa dikenal dengan Energi Baru Terbarukan saat ini merupakan bentuk energi alternatif yang dapat digunakan secara terus menerus

tanpa takut akan habis di masa mendatang. Dan jenis NBT merupakan jenis energi yang sangat bersih karena tidak menghasilkan polutan yang dapat mencemari lingkungan. Contoh sumber energi

terbarukan adalah sinar matahari, angin, air, gelombang laut, panas bumi, dan biomassa. Di antara jenis sumber energi untuk memperoleh PBT, energi matahari paling mudah diperoleh, terutama di Indonesia, negara yang terletak di garis khatulistiwa di mana matahari bersinar hampir sepanjang tahun. Jenis energi surya sendiri telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir karena kemudahan penggunaan dan kesederhanaannya dibandingkan dengan jenis energi terbarukan lainnya.

Panel surya dan turbin angin merupakan harapan yang dapat memberikan energi bersih untuk menggantikan bahan bakar fosil yang mencemari. Jadi, dari tahun ke tahun, evolusi panel surya terus berkembang dan mendapatkan efisiensi. Dan untuk turbin angin, pengembangannya juga mulai membaik. Awalnya hanya digunakan untuk menyediakan daya darurat jika terjadi kegagalan daya generator konvensional, sekarang telah dikembangkan menjadi sumber listrik utama dan akan menggantikan generator listrik utama. ) atau turbin angin, tidak terlepas dari nama jenis baterai yang bertugas menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh turbin angin atau panel surya. Baterai yang ditempatkan di panel surya atau turbin angin digunakan sebagai penyimpanan energi sementara sebelum energi listrik digunakan pada perangkat listrik.

Baterai itu sendiri sering digunakan di semua bidang kehidupan sebagai perangkat penyimpan energi. Menurut Lister (dalam Putro, 2021), baterai adalah kumpulan dari banyak sel listrik yang digunakan untuk menyimpan energi kimia dan kemudian mengubahnya menjadi energi listrik.

Salah satu masalah adalah menggunakan baterai tanpa mempertimbangkan kondisi debit yang dalam. Deep discharge sendiri adalah kondisi dimana kapasitas baterai lebih rendah dari level terminasi discharge atau saat baterai memiliki kapasitas kurang dari 20 ri saat dalam keadaan SoC (charge state).

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Menurut Boujudar et al (2021) dalam studi kontrol cerdas penyimpanan energi baterai untuk manajemen daya microgrid oleh JST. Penelitian ini mensimulasikan rangkaian pada MATLAB Simulink menggunakan logika neural feed forwarding. Dengan menghasilkan output dengan informasi yang memuaskan karena menghemat 15 kW kelebihan daya. Namun, pengujian baterai ini terbatas pada aplikasi MATLAB dan tetap fokus pada panel surya. Diadaptasi dari Silalahi dkk (2020) dalam studi tentang desain sistem konversi beban perumahan otomatis dari sel surya dan pembangkit listrik menggunakan jaringan saraf. Penelitian ini menggunakan metode neural network backpropagation. Penelitian ini akan memprioritaskan proses self-switching pada rangkaian dengan metode jaringan syaraf tiruan back-

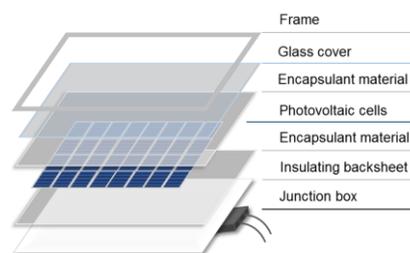
propagation untuk meminimalkan kesalahan yang dihasilkan. Dari penelitian ini didapatkan bahwa dengan mengulang data training 2000 kali mendapatkan akurasi 94,7% untuk melakukan switching otomatis pada saat listrik PLN mati atau baterai mati. Namun pada penelitian ini tidak dijelaskan apakah saklar otomatis panel surya akan terisi kembali saat baterai habis dan tidak dilakukan hibridisasi dengan turbin angin karena pada penelitian ini menggunakan menggunakan PLTS dan PLN.

### 2.2 Pembangkit EBT

Pembangkit EBT adalah pembangkit listrik yang menggunakan energi terbarukan (EBT) yang diperoleh dari alam, seperti sinar matahari, angin, air, dan energi panas bumi. Generator EBT akan menjadi semacam energi bersih dan mengurangi tingkat polusi. Dan karena bahan bakar fosil bisa menghilang dalam beberapa tahun ke depan, produksi energi terbarukan adalah cara yang efisien untuk memenuhi kebutuhan energi kehidupan sekarang dan dimasa depan.

### 2.3 Panel Surya

Matahari merupakan bahan yang selalu menyinari bumi, di dalam sinar matahari terdapat energi yang dapat digunakan untuk menciptakan energi listrik dan untuk menciptakan energi listrik harus ada alat untuk melakukan hal tersebut yaitu panel surya. baterai surya. Panel surya adalah alat yang digunakan untuk mengubah energi cahaya menjadi listrik, energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya akan disimpan di baterai untuk menjadi sumber energi utama atau cadangan dari panel surya. Baterai surya untuk perangkat elektronik. Panel surya sendiri juga biasa disebut sebagai modul fotovoltaik atau biasa disebut dengan panel. Menurut Rahmadhani (2018:2-2), modul fotovoltaik adalah modul yang mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik melalui proses fotovoltaik.



Gambar 2.3 Struktur Panel Surya

### 2.4 Baterai

Sistem baterai surya adalah tempat untuk menyimpan energi listrik yang telah berhasil diubah oleh panel surya (baterai) untuk kemudian didistribusikan sebagai daya utama atau cadangan untuk peralatan listrik. Menurut Ramadhani (2018), baterai berperan sebagai penyimpan energi sementara (buffer) untuk mengatasi perbedaan pasokan modul

fotovoltaik dengan kebutuhan listrik. Mengenai jenis baterai juga kami bedakan lagi, yaitu:

1. Baterai primer

Jenis baterai ini merupakan baterai sekali pakai yang tidak dapat diisi ulang (Sanspower, 2021). Baterai tidak cocok untuk digunakan sebagai penyimpan energi dalam sistem panel surya. Karena jenis baterai ini tidak dapat menyimpan energi karena bahan yang membentuk elektroda, elektroda tidak dapat dibalik saat dikosongkan. Contoh baterai jenis ini adalah baterai alkaline, baterai oksida perak, dan baterai seng-karbon.

2. Baterai Sekunder

Jenis baterai ini adalah baterai yang dapat diisi ulang (Sanspower, 2021). Baterai sekunder seperti ini dapat dan cocok untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Baterai asam timbal biasanya digunakan untuk baterai jenis ini.

2.5 Inverter

Untuk memenuhi kebutuhan daya, perangkat sudah dikembangkan buat membarui arus searah sebagai arus bolak-balik, lantaran kelebihan arus DC bisa disimpan pada baterai buat beberapa waktu. Alat ini pula mampu diklaim inverter. Menurut Rasyid (pada Adena, dkk, 2018), dalam biasanya inverter memakai frekwensi kontrol PWM (Pulse Width Modulation) buat membangkitkan tegangan keluaran AC. Inverter diklaim inverter suplai tegangan (VFI) bila tegangan input kontinu & inverter suplai arus (CFI) bila arus input kontinu. Lantaran inverter sendiri pula mempunyai jenis hasil yg berbeda.

2.6 Sensor Tegangan

Untuk menghindari kerusakan pada board mikrokontroler, penelitian ini menggunakan board Arduino dengan tegangan input maksimal 5V, sensor tegangan juga berperan dalam menyelesaikan masalah tersebut. Untuk sensornya digunakan sensor tegangan DC yang memiliki prinsip pembagi tegangan 5x sehingga tegangan maksimum yang masuk ke board Arduino hanya 5V.



Gambar 2.6 Sensor Tegangan

Spesifikasi	Keterangan
Input Voltage Range	0 - 25 VDC
Voltage Detection Range	0,02445 - 25 VDC
Volatge Analog Resolution	0,00489 VDC

Tabel 2.4 Contoh Spesifikasi Sensor Tegangan

2.7 Sensor Arus

Sensor arus berfungsi untuk membaca arus AC atau DC dan dapat bertindak sebagai pelindung jika terjadi gangguan pada catu daya. Pada penelitian ini

digunakan sensor arus tipe ACS712. Menurut Allegro (2020), sensor arus adalah komponen yang memberikan solusi hemat biaya untuk mengukur arus AC atau DC di industri, komersial atau komunikasi. Oleh karena itu, sensor ini sangat berguna untuk mengukur besarnya arus bolak-balik atau arus searah dalam suatu rangkaian listrik di bidang aktivitas manusia.



Gambar 2.7 Sensor Arus ACS712

Spesifikasi	Keterangan
Single Supply Operation	5 VDC
Output sensitifity	66 - 185 mV/A
Total output error	1,5% at 25°C
Bandwidth	80 kHz

Tabel 2.7 Contoh Spesifikasi Allegro ACS712 Current Sensor

2.8 Relay

Untuk mengalihkan daya dari pin 1 ke pin 2 atau sebaliknya tanpa merusak rangkaian kontrol atau baterai, Anda dapat menggunakan komponen yang disebut relai. Menurut Dharma (dalam Pratika, 2021), modul relai adalah komponen elektronika berupa sakelar dengan arus sebagai pengontrolnya. Modul relai digunakan untuk mengontrol beban AC dengan rangkaian kontrol DC yang sumber tegangannya berbeda antara tegangan beban dan tegangan rangkaian kontrol. Relai ini sebagai sistem kendali elektronik dengan berbagai sistem kelistrikan.

Saat kumparan dimatikan, kontak pemutus tetap tertutup dan kontak sambungan tetap terbuka. Ketika tegangan memasuki relai, arus mengalir melalui koil, menciptakan medan elektromagnetik yang menggerakkan anker dan mendorong pegas, menyebabkan kontak bergerak dan kontak yang biasanya tertutup berubah posisi dan terbuka. TIDAK ADA posisi tertutup. Ketika tegangan suplai dihilangkan atau aliran koil berhenti, anker dan kontak kembali ke posisi semula seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8, NC ditutup kembali dan NO dibuka kembali.

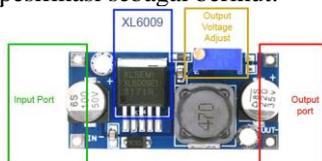


Gambar 2.8 Relay 8 Channel Hudson Technology

## 2.9 Buck-Boost Converter

Untuk dapat membangkitkan tegangan masukan yang dapat dinaikkan atau diturunkan, diperlukan suatu rangkaian elektronika daya yang melakukan operasi ini. Konverter DC-DC sangat cocok untuk tugas ini. Salah satu jenis konverter DC-DC yang dapat melakukan hal ini adalah konverter buck-boost. Ini adalah konverter DC-DC yang terdiri dari dua rangkaian konverter DC-DC, rangkaian konverter buck dan konverter boost. Menurut Hart (2011), buck converter memerlukan penambahan LC low-pass filter setelah saklar pada rangkaian dasar converter, yang menyebabkan arus induktor mengalir melalui dioda dan berbalik arah ketika saklar terbuka. Saat saklar terbuka maka bias dan saat saklar tertutup tegangan keluaran lebih rendah dari tegangan. pintu masuk. Konverter buck sendiri pada rangkaian didesain agar tegangan keluaran lebih rendah dari tegangan masukan, dan sebaliknya terjadi pada rangkaian boost converter.

Dengan itu, buck-boost converter dapat menaikkan atau menurunkan tegangan output sesuai kebutuhan. Untuk ini akan menggunakan modul DC-DC Buck Boost Converter XL6009 yang memiliki struktur dan spesifikasi sebagai berikut:



Gambar 2.9 Buck-Boost Converter Series XL6009

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Analisa Perhitungan

Pada subbagian ini, kami menghitung secara manual input ( $P_{in}$ ), output ( $P_{out}$ ), dan efisiensi panel surya, turbin angin, dan perhitungan kapasitas baterai yang digunakan dalam penelitian ini, dan memverifikasi bahwa perhitungan tersebut sesuai dengan hasil diskusi kami berlangsung.

### 3.2 Perhitungan Panel Surya

Perhitungan panel surya dilakukan untuk menentukan daya input dan output yang dihasilkan oleh panel surya menggunakan perhitungan berikut.

1. Perhitungan daya yang diterima atau *input* panel surya ( $P_{in}$ ) menurut Persamaan.

$$P_{in} = I_r \times A$$

Keterangan :

$P_{in}$  = Daya input panel surya (watt).

$I_r$  = Intensitas radiasi matahari (watt/m<sup>2</sup>).

$A$  = Luas permukaan panel surya (m<sup>2</sup>).

2. Jika intensitas matahari diketahui dalam satuan Lux, maka harus diubah menjadi watt/m<sup>2</sup> Persamaan di bawah ini.

$$1 \text{ lux} = 0,0079 \text{ watt/m}^2$$

3. Perhitungan *output* panel surya ( $P_{out}$ )
  - a. Penentuan daya beban total (EB) dalam Watt Hour (Wh).

$$E_B = P_{beban} \times t_{sel \text{ surya}}$$

Keterangan :

$E_B$  = Daya Beban Total (Wh).

$\Sigma P_{Load}$  = Jumlah Daya Beban (Watt).

$t_{sel \text{ surya}}$  = Lama Penggunaan Panel Surya (Hour)

- b. Penentuan System Load (EA) dalam Watt Hour (Wh).

$$E_A = 33,3\% \times E_B$$

Keterangan :

$E_A$  = Beban Sistem (Wh).

$E_B$  = Daya Beban Total (Wh).

- c. Penentuan penggunaan energi total (ET) dalam Watt Hour (Wh) dengan asumsi rugi-rugi.

$$E_T = E_A + \text{Rugi}$$

$$E_T = E_A + (15\% \times E_A)$$

Keterangan :

$E_T$  = Total Konsumsi Energi (Wh).

$E_A$  = Beban Sistem (Wh).

15% = Asumsi Rugi pada sistem karena sistem masih baru.

- d. Penentuan daya keluaran ( $P_{out}$ ) pada panel surya dalam Watt.

$$P_{out} = \frac{E_T}{t_{panel \text{ surya}}} \times 1,1$$

Keterangan :

$P_{out}$  = Daya keluaran Panel Surya (Watt).

$E_T$  = Total Konsumsi Energi (Wh).

1,1 = Penganda.

4. Efisiensi panel surya dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan berikut.

$$\eta = \frac{P_{keluar}}{P_{dalam}} \times 100\%$$

Panel surya berkapasitas 30Wp digunakan dalam penelitian ini. Lihat spesifikasi panel surya 30Wp pada tabel di bawah ini untuk menentukan ukuran  $P_{in}$  dan  $P_{out}$  serta efisiensi panel surya.

No	Parameter Panel Surya 30 Wp	Nilai Parameter
1.	Daya Maksimum ( $P_{MPP}$ )	30 W
2.	Tegangan Daya Maksimum ( $V_{MPP}$ )	17,8 V
3.	Arus Daya Maksimum ( $I_{MPP}$ )	1,69 A
4.	Tegangan Rangkaian Terbuka ( $V_{OC}$ )	21,8 V
5.	Arus Sirkuit Terbuka ( $I_{OC}$ )	1,85 A
6.	Temperatur Operasi	$\pm 50^\circ\text{C}$
7.	Dimensi (pxlxt)	350 x 650 x 25 mm

Tabel 3.2 Spesifikasi Panel Surya 30 Wp

Sebelumnya menghitung  $P_{in}$  dan  $P_{out}$  untuk panel surya 30Wp, kita perlu membandingkan penampang surya panel surya 30Wp dengan perhitungan menggunakan persamaan.

$$A = p \times l$$

$$A = 350 \text{ mm} \times 650 \text{ mm}$$

$$A = 0,35 \text{ m} \times 0,65 \text{ m}$$

$$A = 0,2275 \text{ m}^2$$

Berdasarkan hasil daya input panel surya, setelah ditentukan luas penampang panel surya, perhitungan daya input menggunakan data intensitas cahaya dapat dihitung sebagai berikut:

1. Contoh Perhitungan *Input* pada Hari 1

$$P_{in} = 132.000 \text{ lux} \times 0,2275 \text{ m}^2$$

$$P_{in} = (132.000 \text{ lux} \times 0,0079 \text{ watt} / \text{m}^2) \times 0,2275 \text{ m}^2$$

$$P_{in} = 237,28 \text{ watt}$$

2. Contoh Perhitungan *Input* pada Hari 2

$$P_{in} = 134.100 \text{ lux} \times 0,2275 \text{ m}^2$$

$$P_{in} = (134.100 \text{ lux} \times 0,0079 \text{ watt} / \text{m}^2) \times 0,2275 \text{ m}^2$$

$$P_{in} = 376,19 \text{ watt}$$

3. Contoh Perhitungan *Input* Hari 3

$$P_{in} = 129,900 \text{ lux} \times 0,3551 \text{ m}^2$$

$$P_{in} = (129,900 \text{ lux} \times 0,0079 \text{ watt} / \text{m}^2) \times 0,3551 \text{ m}^2$$

$$P_{in} = 346,41 \text{ watt}$$

4. Perhitungan beban panel surya:

Dengan beban 1 buah lampu LED AC 9 watt

- a. Beban Sistem

$$E_B = P_{\text{Beban}} \times t_{\text{solar panel}}$$

$$E_B = 9 \text{ watt} \times 10 \text{ jam}$$

$$E_B = 90 \text{ Wh}$$

- b. Daya Beban Total

$$E_A = 33,3\% \times E_B$$

$$E_A = 33,3\% \times 90 \text{ Wh}$$

$$E_A = 29,97 \text{ Wh}$$

- c. Konsumsi Energi Total

$$E_T = E_A + (15\% \times E_A)$$

$$E_T = 29,97 \text{ Wh} + (15\% \times 29,97 \text{ Wh})$$

$$E_T = 29,97 \text{ Wh} + 4,495 \text{ Wh}$$

$$E_T = 34,465 \text{ Wh}$$

- d. Output Panel Surya Daya

$$P_{out} = \frac{E_T}{t_{\text{panel surya}}} \times 1,1$$

$$P_{out} = \frac{34,465 \text{ Wh}}{10 \text{ jam}} \times 1,1$$

$$P_{out} = 3,791 \text{ Watt}$$

- e. Efisiensi

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{3,791 \text{ watt}}{307,401 \text{ watt}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{3,791 \text{ watt}}{307,401 \text{ watt}} \times 100\%$$

$$\eta = 1,223 \%$$

### 3.3 Perhitungan Baterai VRLA

Bagian ini menjelaskan tentang karakteristik baterai VRLA jenis baterai 12V 18Ah yang digunakan dalam penelitian ini. Spesifikasi baterai VRLA 12V 18Ah terdapat pada Tabel 3.3 (A) di bawah ini.

Nilai	12V 18Ah Baterai Parameter	Parameter
1.	Kapasitas Baterai ( $C_{\text{Baterai}}$ )	18 Ah

2.	Tegangan Baterai (Baterai)	12 V
3.	Penggunaan Siklus	13,8 V - 14,4 V

Tabel 3.2(A) 12V 18Ah VRLA Spesifikasi Baterai

BATERAI STATUS	
Level	Tegangan
100%	13,00 V
90%	12,75 V
80%	12,50 V
70%	12,30 V
60%	12,15 V
50%	12,05 V
40%	11,95 V
30%	11,81 V
20%	11,66 V
10%	11,53 V
0%	10,50 V

Tabel 3.2(B) Karakteristik SoC Baterai Asam

#### Timbal Karakteristik

SoC sendiri erat kaitannya dengan depth of discharge (DoD) baterai timbal-asam. Misalnya, jika SoC baterai timbal-asam adalah 80%, DoD baterai adalah 20%, atau 20% dari kapasitas baterai digunakan. Gambar 3.2(B) menunjukkan bahwa ada tiga kategori warna yang membagi nilai SoC baterai timbal-asam. Hijau menunjukkan bahwa baterai timbal-asam dapat digunakan untuk menyediakan hingga 50n DoD 50% biaya SoC (pengosongan). Ketika SoC baterai timbal-asam mencapai tingkat kuning, baterai harus berhenti memasok atau mengeluarkan beban. Setelah itu, masa pakai baterai timbal-asam akan dipersingkat dan baterai perlu diisi ulang. Jika tingkat SoC baterai di 40% atau tingkat DoD baterai di 60%, baterai harus diisi.

Hal ini menunjukkan bahwa baterai berkapasitas 60 l digunakan untuk memberi daya pada beban. Jika SoC baterai berada di level merah dan baterai terus kosong, baterai akan memasuki kondisi over-discharge dan tidak akan dapat diisi. Pengosongan baterai yang berlebihan secara terus-menerus dapat merusak baterai atau secara signifikan mengurangi masa pakai baterai. Baterai timbal-asam harus digunakan hingga 40% SoC atau 60.n DoD. Tegangan baterai 11,95V. Jika kurang dari 11,95V, baterai perlu diisi.

### 3.5 Perhitungan Buck-Boost Converter

Rangkaian konverter buck-boost digunakan untuk menstabilkan tegangan keluaran generator DC untuk turbin angin dan panel surya. Tegangan keluaran yang diharapkan adalah 13,8 volt. Saat merancang konverter buck-boost, perhitungan untuk komponen konverter buck-boost dan seluruh rangkaian tersebut dijelaskan dalam tabel.

No.	Parameter	Nilai Output
1.	$V_{\text{dalam Min}}$ tegangan input minimum	8 V

2.	$V_{in Max}$ (tegangan input maksimum)	24 V
3.	$V_{out}$ (tegangan output yang diinginkan)	13,8 V
4.	$I_O$ ( Output)	1 A
5.	$f_{sw}$ frekuensi Switching)	400 KHz
6.	riak tegangan Keluaran (10)	50 mV
7.	Arus Induktor riakLI)	%

Tabel 3.5 Parameter Perhitungan Konverter Buck-Boost

Berikut ini adalah perhitungan untuk menentukan nilai komponen yang digunakan menggunakan Persamaan.

1. Perhitungan dengan input 8V

a. Tentukan nilai Duty Cycle (D)

$$V_{keluar} = \frac{1}{1-D} \times V_{masuk}$$

$$13,8V = \frac{1}{1-D} \times 8V$$

$$D = 0,42$$

b. Tentukan nilai Induktor (L)

$$I_0 = I_c = 2A$$

$$I_L = I_0 + I_i = 2A + 2A = 4A$$

$$L = \frac{V_{in} \times D}{\Delta I_L \times I_L \times f_{sw}}$$

$$L = \frac{8V \times 0,42}{0,1A \times 4A \times 400.000 Hz}$$

$$L = \frac{3,36}{160.000} uH$$

$$L = 21 uH$$

c. Tentukan nilai Kapasitor

$$C = \frac{I_0 \times D}{x V_{out} \times f_{sw}}$$

$$C = \frac{2A \times 0,42}{50 mV \times 13,8 V \times 400.000Hz}$$

$$C = \frac{0,84}{276.000} uF$$

$$C = 3,42 uF$$

2. Perhitungan dengan tegangan input 24V

a. Menentukan nilai Duty Cycle (D)

$$D = \frac{V_{out}}{V_{dalam}}$$

$$D = \frac{13,8 V}{24 V}$$

$$D = 0,58$$

b. Tentukan nilai Induktor (L)

$$L = \frac{V_{out} \times (1 - D)}{\Delta I_L \times I_L \times f_{sw}}$$

$$L = \frac{13,8 V \times (1 - 0,58)}{0,1A \times 2A \times 400.000 Hz}$$

$$L = \frac{5,796}{80.000} uH$$

$$L = 72,45 uH$$

c. Tentukan nilai Kapasitor

$$C = \frac{\Delta I_L \times I_L}{8 x V \times V_{keluar} \times f_{sw}}$$

$$C = \frac{0,1A \times 2A}{8 x 50 mV x 13,8 V x 400.000Hz}$$

$$C = 0,0905 uF$$

Nilai multiturn yang besar menghasilkan nilai tegangan output yang lebih rendah untuk buck converter, dan nilai multiturn yang kecil menghasilkan nilai tegangan output yang lebih tinggi daripada buck converter. Sisi keluaran dari konverter buck-boost juga dilindungi berupa dioda 3A untuk mencegah kerusakan akibat tegangan balik dari sisi keluaran konverter buck-boost.

## 4. PEMBAHASAN

### 4.1 Pengujian Output Buck-Boost Converter

Bagian ini menyajikan hasil pengukuran output modul konverter buck-boost. Pada penelitian ini, modul buck-boost converter sendiri digunakan sebagai pengatur tegangan output, dan tegangan input dari buck-boost converter ini ditenagai oleh panel surya polikristalin 30 Wp dan turbin angin vertikal. Pengujian konverter buck-boost dibagi menjadi tiga bagian: pengujian mode buck, pengujian mode boost, dan pengujian mode buck-boost. Sebuah resistor 10Ω Kapur ditambahkan untuk menguji konverter buck-boost.

#### Pengujian Mode Buck

Pengujian buck mengharapkan konverter buck-boost untuk mengurangi tegangan input hingga tegangan output sesuai dengan pengaturan yang diharapkan (13,8 volt). Tes ini menyajikan beban resistif kapur 10 dan kisaran nilai untuk input yang diterapkan dari 14 volt hingga 20 volt. Tes ini juga menampilkan perbandingan antara tegangan keluaran yang diukur dan tegangan keluaran yang dihitung.

Perco baan In	$V_{ke}$ (V)	$I_{mas}$ uk (A)	$V_{kelua}$ r (V)	Sa yak eluar (A)	$P_{Masuk}$ (watt)	$P_{keluar}$ (watt)	$V_{kelua}$ r Teori (V)	D	Kesal ahan (%)
1	14,21	1,50	13,83	1,52	21,32	21,02	13,81	0,94	0,32
2	14,80	1,54	13,84	1,54	22,35	21,31	13,91	0,92	0,52
3	15,87	1,58	13,85	1,62	24,22	22,30	13,80	0,90	0,38
4	1,61	13	15,33, 88	1,65	25,71	22,90	13,81	0,87	0,53
5	16,24	1,62	13,88	1,67	26,31	23,18	13,80	0,85	0,55
6	16,91	1,75	13,86	1,77	24,67	1,78	29,59	0,82	0,04
7	17,37	1,82	13,86	1,84	31,61 25,50	13,90	0	0, 80	0,26
8	18,88	1,87	13,85	1,91	35,31	13,78	0,73	26,4 5	0,49
9	19,76	1,93	13,83	1,95	38,14	26,97	13,83	0,70	0,01
10	20,12	2,09	13,83	2,14	42,05	29,60	13,88	0,69	0,38
Rata- rata			13,85	1,76	29,60	24,39	13,84	0,83	0,35

Tabel 4.1.1 Hasil Pengujian Buck Mode

Dari data pada Tabel 4.1.1, rata-rata tegangan keluaran konverter buck-boost terukur pada mode buck adalah 13,85V dan buck-boost teoritis tegangan output konverter dalam mode buck adalah 13,84V, jadi kesalahannya adalah sebagai berikut. 0,35% diperoleh saat buck converter dalam mode buck.

#### Pengujian Mode Boost

Saat menguji mode boost, konverter buck-boost diharapkan dapat meningkatkan tegangan input sehingga tegangan output sesuai dengan pengaturan yang diharapkan (13,8 volt). Pengujian ini dilakukan dengan beban resistif kapur 10 , memungkinkan input

dengan nilai mulai dari 8 volt hingga 12 volt. Tes ini juga menampilkan perbandingan antara tegangan keluaran yang diukur dan tegangan keluaran yang dihitung.

Percobaan In	V <sub>ke</sub> (V)	I <sub>masuk</sub> (A)	V <sub>keluar</sub> (V)	Say <sub>akel</sub> (A)	P <sub>Masuk</sub> (watt)	P <sub>Keluar</sub> (watt)	V <sub>keluar</sub> Teori (V)	D	Kesalahan (%)	
1	8,22	1,89	13,82	0,95	15,54	13,13	13,93	0,41	0,81	
2	8,86	1,82	13,85	0,93	16,13	12,88	13,84	0,36	0,05	
3	16,39	1,76	13,86	0,94	13,03	13,90	9,96	0,33	0,26	
4	1,68	13	9,31,87	0,94	16,73	13,04	13,83	0,28	0,26	
5	10,12	1,62	13,88	0,93	16,39	12,91	13,86	0,27	0,12	
6	10,87	1,57	13,88	0,95	17,07	13,19	13,94	0,22	0,40	
7	11,33	1,51	13,86	0,93	17,11	12,89	13,82	0,18	0,31	
8	11,89	1,46	13,85	0,94	17,36	13,02	13,83	0,14	0,18	
9	12,23	1,41	13,84	0,94	17,24	13,01	13,90	0,12	0,42	
10	12,98	1,32	13,86	0,95	17,13	13,17	13,81	0,6	0,37	
Rata-rata			13,86	0,94	16,71	0,24	13,03	13,87	0,32	Tabel

4.1.2 Hasil Pengujian Mode Boost

Dari data pada Tabel 4.1.2, jika rata-rata tegangan keluaran terukur dari konverter buck-boost pada mode boost adalah 13,86V dan teoritis tegangan output dari konverter buck-boost dalam mode boost adalah 13,87V, maka konverter buck-boost 0,32 Jika dalam mode boost, % Anda akan mendapatkan kesalahan.

#### Pengujian Mode Buck-Boost

Saat menguji mode boost, konverter buck-boost diharapkan dapat menaikkan tegangan input sehingga tegangan output sesuai dengan pengaturan yang diharapkan (13,8 volt). Pengujian ini dilakukan dengan beban resistif 10 kapur ketika input memiliki nilai mulai dari 8 volt hingga 20 volt.

Percobaan ke-	V <sub>In</sub> (V)	I <sub>In</sub> (A)	V <sub>out</sub> (V)	I <sub>out</sub> (A)	P <sub>In</sub> (watt)	P <sub>out</sub> (watt)	Mode
1	8,02	1,96	13,82	0,86	15,92	11,89	Peningkatan
2	9,01	1,85	13,85	0,87	17,06	12,05	Peningkatan
3	10,03	1,78	13,86	0,89	18,57	12,34	Peningkatan
11,02	1	,69	13,87	0,88	19,57	12,21	Peningkatan
5	12,00	13,88	18,91	0,87	12,08	Peningkatan	14,03
6	13,86	1,23	18,04	0,89	1,52	12,34	Buck
7	15,01	1,14	13,85	0,88	18,09	12,19	Buck
8	16,00	1,02	13,84	0,89	16,98	12,32	Buck
9	17,00	0,94	13,85	0,88	16,90	12,19	Buck
10	18,02	0,88	13,86	0,87	16,40	12,06	Buck
11	19,01	0,81	13,87	0,86	15,91	11,93	Buck
12	20,00	0,76	13,88	0,87	15,31	12,08	Buck
Rata-rata			13,86	0,88	17,47	12,17	

Tabel 4.1.3(A) Mode Buck-Boost Hasil Pengujian

Dari data pada Tabel 5.1.3(A), rata-rata hasil pengukuran tegangan keluaran buck converter pada mode boost adalah 13,86 V. Dari data daya input (P<sub>In</sub>) dan data daya keluaran (P<sub>Out</sub>), buck efisiensi konverter dapat dihitung untuk boost converter dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_{Keluar}}{P_{In}} \times 100\%$$

Dimana :

P<sub>Keluar</sub> = Daya keluaran (W att)

P<sub>In</sub> = Daya input (Watt)

Efisiensi (%)

Tabel di bawah ini menunjukkan data untuk menghitung efisiensi buck-boost converter. Data tersebut dapat dilihat pada efisiensi masing-masing mode dari buck-boost converter.

No	Mode Buck			Mode Boost			Mode Buck-Boost		
	P <sub>Masuk</sub> (Watt)	P <sub>Keluar</sub> (Watt)	η	P <sub>Masuk</sub> (Watt)	P <sub>Keluar</sub> (Watt)	η	P <sub>Masuk</sub> (Watt)	P <sub>Keluar</sub> (Watt)	η
1	20,75	21,02	93%	15,54	13,13	85%	15,92	11,89	75%
2	22,35	21,31	92%	16,13	12,88	80%	17,06	12,05	71%
3	24,22	22,30	90%	16,39	13,03	80%	18,57	12,34	66%
4	25,71	22,90	89%	16,73	13,04	78%	19,57	12,21	62%
5	26,31	23,18	88%	16,39	12,91	79%	18,91	12,08	64%
6	31,61	29,59	83%	17,07	13,19	77%	18,04	12,34	68%
7	25,50	81	%	17,11	12,89	75%	18,09	12,19	67%
8	35,31	26,45	75%	17,36	13,02	75%	16,98	12,32	73%
9	38,14	26,97	71%	17,24	13,01	75%	16,90	12,19	72%
10	42,05	29,60	70%	17,13	13,17	77%	16,40	12,06	74%
11							15,91	11,93	75%
12							15,31	12,08	79%
Rata-rata	29,66	24,39	83%	16,71	13,03	78%	17,47	12,17	70%

Tabel 4.1.3(B) Hasil Perbandingan Efisiensi Mode Buck-Boost

Dari hasil perhitungan pada Tabel 4.1.3(B), efisiensi tertinggi diperoleh saat konverter buck-boost dalam mode buck, dengan efisiensi rata-rata 83% dan efisiensi rata-rata 78% pada mode boost dengan rata-rata efisiensi 78%. 70% rata-rata dalam mode buck-boost.

#### 4.2 Pengujian Ouput Panel Surya

Subbab ini menyajikan hasil data yang diperoleh selama pendataan panel surya. Data yang dikumpulkan adalah intensitas radiasi matahari untuk menentukan daya input panel surya 30Wp seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



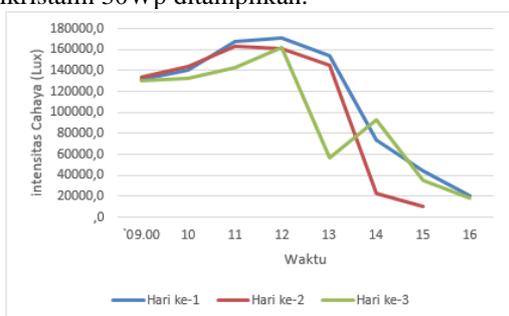
Gambar 4.2 Menguji Intensitas Sinar Matahari dengan Lux meter

Hari ke-	Jam	Lux meter		Suhu permukaan panel surya (°C)	koneksi Output (V)	
		Intensitas Cahaya (Lux)	Suhu sekitar (°C)			
1	07.00	88.700	30,1	35,1	16,70	
	08.00	102.600	31,8	42,2	17,81	
	09.00	132.000	33,6	48,8	19,90	
	10.00	140.100	32,5	54	19,77	
	11.00	168.000	33,7	55,4	19,67	
	12.00	171.200	34,5	61,2	19,80	
	13.00	154.500	34,3	55,2	19,70	
	14.00	73.700	33,5	44,600	19,67	
	15.00	57,7	33,8	40,6	19,70	
	16.00	20.300	32,9	33,8	18,60	
	2	07.00	90.700	30,1	36,1	16,94
		08.00	106.600	31,8	134.100	17,93
09.00		42,2	33,7	48,8	19,90	
10.00		143.900	32,9	55	19,77	
11.00		163.000	33	57,4	19,67	
12.00		161.000	33	59	19,64	
13.00		145.200	33,5	61,2	19,80	
14.00		22.810	33,8	40,6	18,44	
3	15.00	10.700	34,6	33,8	18,30	
	16.00	9.143	34,3	32,0	18,11	
	07.00	82.700	30	33,1	16,40	
	08.00	99.600	31,3	40,2	17,11	
09.00	129.900	32,2	49,5	19,50		
10.00	132.100	33,2	48,5	19,90		

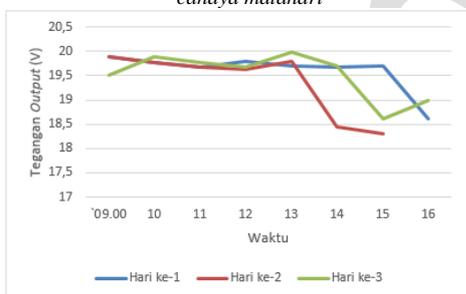
Hari ke-	Jam	Lux meter		Suhu permukaan panel surya (°C)	koneksi Output (V)
		Intensitas Cahaya (Lux)	Suhu sekitar (°C)		
	11.00	142.400	34,1	59,6	19,77
	12.00	161.700	33,8	61,2	19,67
	13.00	56.930	34,5	55,2	19,98
	14.00	92.800	34,3	57,7	19,70
	15.00	35.590	34,2	53,9	18,60
	16.00	18.150	35,5	43,2	18,99

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Output Panel Surya dan Intensitas Surya

Dari data pengukuran luxmeter yang diplot pada grafik, hasilnya adalah sebagai berikut gambar menunjukkan intensitas sinar matahari vs. saat data dikumpulkan, dan gambar berikut menunjukkan intensitas sinar matahari vs. saat data dikumpulkan. Tegangan keluaran panel surya polikristalin 30Wp ditampilkan.



Grafik 4.2(A) Perbandingan waktu terhadap intensitas cahaya matahari



Grafik 4.2(B) Grafik perbandingan waktu dengan tegangan keluaran panel surya

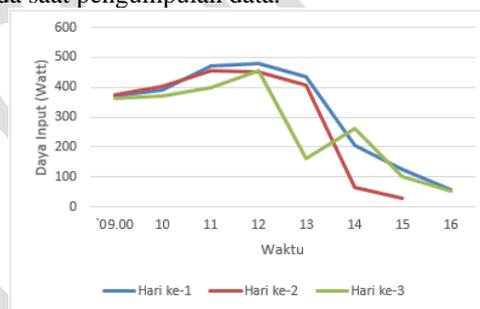
Hasil perhitungan daya input panel surya ditunjukkan pada tabel di bawah ini dengan asumsi silang -luas penampang (A) panel surya adalah 0,2275 m<sup>2</sup>. Besaran lux diubah terlebih dahulu dengan mengalikannya dengan 0,0079 watt/m<sup>2</sup> untuk mendapatkan nilai daya input panel surya.

Hari ke-	Jam	A (m <sup>2</sup> )	Intensitas Cahaya (Lux)	Intensitas Cahaya (watt/m <sup>2</sup> )	Daya Input (watt)
1	07.00	0,2275	88.700	701	159,48
	08.00		102.600	811	184,50
	09.00		132.000	1.043	237,28
	10.00		140.100	1.107	251,84
	11.00		168.000	301,89	1.327
	12.00		171.200	1.352	307,58
	13.00		154.500	1.221	277,78
1	14.00	0,2275	73.700	582	132,41
	15.00		44.600	352	80,08
1	16.00	0,2275	20.300	160	36,40
	07.00		90.700	717	163,12
2	08.00	0,2275	106.600	842	191,56
	09.00		134.100	1.059	240,92

Hari ke-	Jam	A (m <sup>2</sup> )	Intensitas Cahaya (Lux)	Intensitas Cahaya (watt/m <sup>2</sup> )	Daya Input (watt)
	10.00		143.900	1.137	258,67
	11.00		163.000	293,02	1.288
	12.00		161.000	289,38	1.272
	13.00		145.200	1.147	260,94
	14.00		22.810	180	40,95
	15.00		10.700	85	19,34
	16.00		9.143	72	16,38
3	07.00		82.700	653	99,600
	08.00		179,04	787	129,900
	09.00		233,42	1.026	132,100
	10.00		237,51	1.044	142,400
	11.00		255,94	1,125	161,700
	12.00		290,52	1,277	56,930
	13.00		102,38	450	14,00
	14.56		92.800	733	166,76
	15.00		35.590	281	63,93
	16.00		18.150	143	32,53

Tabel 4.2 Hasil daya input pada panel surya 30 Wp

Setelah didapatkan daya input dari panel surya maka akan ditampilkan pada grafik seperti yang ditunjukkan pada grafik di bawah ini, yang membandingkan daya input panel surya dengan yang pada saat pengumpulan data.



Grafik 4.2(C) Grafik Perbandingan Waktu dengan Daya Input Panel Surya

### 4.3 Pengujian Sensor Tegangan dan Sensor Arus

Bagian ini menyajikan hasil pengujian empat sensor tegangan DC dan empat sensor arus ACS 20A yang diuji untuk mengukur tegangan dan arus beban dinamo DC 12V. Juga, hasil eksperimen untuk sensor tegangan dan arus ditunjukkan di bawah ini

#### 4.3.1 Uji Coba Sensor Tegangan 1

Setelah mendapatkan data pengujian untuk sensor tegangan 1, gunakan rangkaian yang ditunjukkan di bawah ini. Kemudian ukur tegangan dengan multimeter dan sensor tegangan DC. Data yang berhasil ditentukan kemudian dimasukkan ke dalam tabel di bawah ini. Tabel ini berisi hasil pengukuran tegangan pada dinamo 12V nya menggunakan sensor tegangan dan multimeter.

Perco baan ke-	Nilai ADC Sensor	koneksi pada Sensor (V)	koneksi pada Multimeter (V)	Error (%)
1	550	13,43	13,70	2,01
2	537	13,13	13,70	4,34
3	557	13,60	13,70	0,74
4	546	13,35	13,70	2,62
5	552	13,50	13,70	1,48
6	550	13,45	13,70	1,86
7	545	13,33	13,70	2,78
8	554	13,55	13,70	1,11
9	548	13,40	13,70	2,24

10	554	13,55	13,70	1,11
Rata-Rata				2,03

Tabel 4.3.1 Data Hasil Pengujian Sensor Tegangan Pertama

Dari Dari tabel diatas dapat kita lihat bahwa hasil error tertinggi sebesar 9,22%, terendah sebesar 0,88%, dan rata-rata error sensor tegangan sebesar 2,41%.

#### 4.3.2 Uji Coba Sensor Tegangan 2

Setelah memperoleh data pengujian untuk sensor tegangan 2 pada rangkaian di bawah ini. Kemudian ukur tegangan dengan multimeter dan sensor tegangan DC. Data yang berhasil ditentukan dimasukkan ke dalam tabel pembacaan tegangan pada dinamo 12V dengan sensor tegangan dan multimeter.

Perco baan ke-	Nilai ADC Sensor	koneksi pada Sensor (V)	koneksi pada Multimeter (V)	Error (%)
1	546	13,35	13,69	2,55
2	546	13,35	13,69	2,55
3	543	13,28	13,70	3,16
4	554	13,55	13,70	1,11
5	545	13,69	13,70	2,93
6	546	13,35	2,55	13,70
7	545	13,33	2,78	13,31
8	554	13,55	13,70	1,11
9	548	13,40	13,69	2,16
10	546	13,35	13,69	2,55
Rata-Rata				2,34

Tabel 4.3.2 Data Hasil Pengujian Sensor Tegangan Kedua

Dari Dari tabel diatas dapat kita lihat error maksimum sebesar 9,22%, minimum sebesar 0,88%, dan rata-rata error pada sensor tegangan sebesar 2,41%.

#### 4.3.3 Uji Coba Sensor Arus 1

Setelah menerima data uji kedua sensor arus memiliki rangkaian sesuai rangkaian. Kemudian ukur arus dengan multimeter dan sensor arus ACS712 20A.

Perco baan ke-	Nilai ADC Sensor	Arus pada Sensor (A)	Arus pada Multimeter (A)	Error (%)
1	516	0,195	0,21	7,69
2	516	0,195	0,22	12,82
3	522	0,244	0,24	1,64
4	522	0,244	0,24	1,64
5	516	0,195	0,22	12,82
6	516	0,195	0,22	12,82
7	514	0,171	0,20	16,96
8	516	0,195	0,21	7,69
9	519	0,220	0,21	4,55
10	519	0,220	0,20	9,09
Rata-Rata				8,77

Tabel 4.3.3 Data Hasil Pengujian Sensor Arus Kedua

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa error maksimum adalah 16,96%, minimum 1,64%, dan rata-rata error sensor tegangan sebesar 8,77%.

#### 4.3.4 Uji Coba Sensor Arus 2

Setelah Anda memiliki data uji sensor saat ini, gunakan rangkaian yang ditunjukkan di bawah ini. Kemudian ukur arus dengan multimeter dan sensor arus ACS712 20A.

Perco baan ke-	Nilai ADC Sensor	Arus pada Sensor (A)	Arus pada Multimeter (A)	Error (%)
1	516	0,195	0,21	7,69
2	516	0,195	0,22	12,82
3	522	0,244	0,24	1,64
4	522	0,244	0,21	13,93

5	516	0,195	0,20	2,56
6	516	0,195	0,18	7,69
7	514	0,171	0,18	5,26
8	519	0,220	0,20	9,09
9	516	0,195	0,20	2,56
10	519	0,220	0,20	9,09
Rata-Rata				7,23

Tabel 4.3.3 Data Hasil Pengujian Sensor Arus Pertama

Dari tabel diatas dapat kita lihat bahwa error maksimum 13,93%, minimum 2,56%, dan rata-rata error dari sensor tegangan sebesar 7,23%.

#### 4.4 Pengujian Relay 4 Channel

Pada sub-bab ini, penelitian ini menyajikan pengujian modul relay yang berfungsi sebagai saklar otomatis, dan dari pengujian ini dapat dilihat seperti apa behavior dan logika yang digunakan pada modul relay 4 channel tersebut.



Gambar 4.4 Pengujian Relay 4 Channel 1

##### 4.4.1 Ujicoba Relay 4 Channel 1

Setelah memperoleh data uji untuk relai 4 saluran dengan rangkaian yang ditunjukkan pada Gambar di bawah. Kemudian dapatkan kondisi logis dari masing-masing relay pada modul relay 4 saluran ini.

Relay Channel ke-	Kondisi Kontak NO	
	Logika HIGH	Logika LOW
1	Buka	Tutup
2	Buka	Tutup
3	Buka	Tutup
4	Buka	Tutup

Tabel 4.4.1 Data Hasil Uji Relay 4 Channel 1

##### 4.4.2 Ujicoba Relay 4 Channel 2

Data yang berhasil diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam tabel yang didapat di bawah ini, yang berisi hasil logis dari setiap relai dalam modul relai 4 saluran.

Relay Kanal ke-	Kondisi Kontak NO	
	Logika HIGH	Logika LOW
1	Buka	Tutup
2	Buka	Tutup
3	Buka	Tutup
4	Buka	Tutup

Tabel 4.1.2 Data Hasil Uji Relay 4 Channel 2

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa relay 4 kanal yang digunakan adalah jenis relai tingkat perjalanan rendah dengan logika "TINGGI" dan "RENDAH" berlawanan satu sama lain. Saat relay menerima perintah LOW, kontak NO dari relay tertutup atau masuk ke logika HIGH, dan saat relay menerima perintah HIGH maka kontak NO dari relay terbuka atau masuk ke logika LOW.

#### 4.5 Pengujian Terintegrasi

Hal ini menyajikan hasil pengujian untuk setiap komponen yang dimasukkan ke dalam sistem desain

untuk memprediksi over-discharge baterai pada generator EBT hybrid.

Pengujian arus menggunakan input panel surya 30Wp yang digunakan sebagai sumber listrik untuk mengisi baterai. Data yang diperoleh dari hasil pengujian disajikan pada tabel di bawah ini. Hasil pengujian menggunakan baterai 1 atau baterai 2 pengaturan pengisian atau pengosongan seperti yang ditunjukkan pada tabel.

Parameter	Set	Point
1	$V_{\text{Keluar Buck-Boost PV}}$	13,80 V
2	$I_{\text{Keluar Buck-Boost PV}}$	1,20 A
3	$V_{\text{Mengisi daya mac Bat 1}}$	12,95 V
4	$I_{\text{Bat 1}}$	2,70 A
5	$V_{\text{Mengisi daya mac Bat 2}}$	12,95 V
6	$I_{\text{Bat 2}}$	2,70A
7	$V_{\text{Discharge max Bat 1}}$	11,95 V
8	$V_{\text{Discharge max Bat 2}}$	11,95 V

Tabel 4.5 Set Point untuk Pengisian dan Pengosongan Baterai dengan Input PV

Setelah mendapatkan set point seperti pada tabel diatas, maka hasil data input dan output dari panel surya yang digunakan sebagai supply untuk charge dan battery 1 dan battery 2 adalah seperti pada tabel dibawah ini.

Jam	Lux meter	$V_{\text{In PV}}$ (V)	$I_{\text{In PV}}$ (A)	$V_{\text{Out Buck Boost PV}}$ (V)	$I_{\text{Out Buck Boost PV}}$ (A)
	Intensitas Cahaya (Lux)				
08.00	102.600	17,81	0,57	13,83	1,21
08.30	111.500	18,93	0,61	13,84	1,23
09.00	132.000	19,90	0,65	09,30	1,26
140.100	139.000	19,86	0,67	13,84	1,26
10.00	19,77	0,66	13,85	13,85	1,28
10.30	154.600	19,72	0,68	13,87	1,26
10.40	156.700	19,74	0,66	13,86	1,25
11.00	168.000	19,67	0,69	13,88	1,27
11.10	169.300	13,87	0,68	169,800	1,28
11.40	19,78	0,68	171,200	13,86	1,25
12.10	19,80	13,88	0,68	166,400	1,26
12.40	19,74	0,66	13	13,87	1,28
13.10	154.500	19,70	0,69	13,86	120,500
13.40	13,88	19,69	0,67	73,700	1,26
13.50	13,87	19,67	0,66	66,400	1,25
14.10	19	19,68	0,67	13,86	63,200
14.20	13,87	19,66	0,64	1,27	44,600
14.50	13,87	19,70	0,65	19,56	1,26
15.20	38.000	13,85	0,66	1	1,27,26
15.50	22.800	18,78	0,58	13,86	1,23
16.00	20.300	18,60	0,56	13,83	1,22

Tabel 4.5 Hasil Data Input dan Output Panel Surya Data

$V_{\text{Out}}$  dan  $I_{\text{Out}}$  dari konverter buck/boost digunakan kembali dalam tabel sebagai power sumber untuk mengisi baterai ketika tegangan turun di bawah tingkat tegangan 11,95V. Lihat Baterai 1 atau Baterai 2, yang harus diisi terlebih dahulu. Pada keadaan awal, tegangan baterai pertama adalah 12,95V dan tegangan baterai kedua adalah 11,94V.

#### 4.6 Pengujian Baterai VRLA 18 Ah

Percobaan ini menjelaskan tentang pengujian baterai dimana baterai diisi dengan beban AC satu fasa, yaitu kipas angin 35 Watt dan lampu LED AC 9 Watt. Tes baterai juga menunjukkan data dari SoC dan DoD-nya untuk baterai yang diisi dengan 2 beban langsung. Untuk memuat data yang diperoleh setelah pengujian baterai, data ditampilkan pada tabel di bawah ini.

No	Daya Beban (Watt)	Parameter Baterai		Waktu Pembebanan (menit)	SoC (%)	DoD (%)
		koneksi (V)	Arus (A)			
1	44	12,98	2,71	0	100	0
2		12,76	2,73	30	92	8
3		12,53	2,70	60	83	17
4		12,33	2,72	90	74	26
5		12,19	2,73	120	63	37
6		12,04	2,71	150	50	50
7		11,94	2,38	160	40	60

Tabel 4.6 Data Uji Pengosongan Baterai

Ketika waktu mencapai 166 menit, tegangan baterai turun di bawah 11,95V dan hanya 40% dari SoC baterai yang tersisa, sehingga baterai harus dilepas. Anda dapat melihat bahwa tegangan baterai dan peringkat arus terus turun karena baterai terus memasok beban AC 44 watt.

#### 5. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut. Modul buck-boost converter dapat menstabilkan tegangan input panel surya (PV) dan turbin angin vertikal (TAV) pada level 13.83V hingga 13.88V dengan arus keluaran setelah pengujian dan pada percobaan pengujian tertanam 1.25A sampai 1.28A. Panel Surya (PV) Uji Integrasi Saja Input Sistem Sounder dapat mengisi Baterai 1 dan Baterai 2 ketika level tegangan di bawah 11,95V atau DoD pada 60. meningkat 100% SoC akan berhenti mengisi daya saat tegangan melebihi 12.95V.

#### REFERENSI

- [1]. Mehta, VK dan Rohit Mehta. 2002. Prinsip Mesin Listrik. New Delhi: S. Chand & Company LTD.
- [2]. Saturnus. 2000. Dasar Teknik Elektro dan Elektronika Tenaga. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [3]. Lister, Eugene C. 1986. Mesin dan Sirkuit Listrik (Edisi ke-6). Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [4]. Rijono, Yon. 1997. Dasar Teknik Tenaga Listrik. Yogyakarta: Andi Offset.
- [5]. Chapman, Stephen J. 2005. Dasar-Dasar Mesin Listrik Edisi ke-4. Singapura: Edisi Internasional McGraw-Hill.
- [6]. Dwivedi, Rajkumar dan Devendra Dohare. 2015. Kontroler Konvensional PID dan Kontroler Optimal LQR untuk Analisis Kecepatan Motor DC: Studi Banding. Jurnal Penelitian Internasional Teknik dan Teknologi. 02(08): 508-511. [

- [7]. C.Kuo, Benyamin. 1995. Sistem Kontrol Otomatis Edisi Ketujuh. New Jersey: Prentice Hall Inc.
- [8]. L. Philips, Charles & Royce D. Harbor. Sistem Kontrol Umpan Balik 3e. New Jersey: Prentice Hall Inc.
- [9]. Lewis, FL 1996. Kontrol Optimal. Kanada: John Wiley & Sons Inc.
- [10]. Ogata, Katsuhiko. 1997. Teknik Kontrol Otomatis (Pengaturan Sistem) Volume 1 Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.
- [11]. Ogata, Katsuhiko. 2010. Rekayasa Kontrol Modern Edisi Kelima. New Jersey (AS): Pearson Education Inc.
- [12]. Bimbra, PS 1990. Mesin Listrik. Delhi: Penerbit Khana.
- [13]. Linsley, Trevor. 1998. Pekerjaan Instalasi Listrik Dasar Edisi Ketiga. Kidlington (Inggris): Elsevier Ltd.
- [14]. Anggono, Tri. 2011. Perancangan Sistem Kontrol Tekanan Steam Pada Steam Drum Boiler Skala Kecil Menggunakan PID dan LQR [tesis]. Depok (ID): Universitas Indonesia.
- [15]. Fitzgerald. AE 1992. Mesin Listrik (Edisi ke-4). Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [16]. Berahim, Hamzah. 1994. Pengantar Teknik Elektro. Yogyakarta: Andi Offset.
- [17]. Mehta, Samir & John Chiasson. 1998. Kontrol Nonlinier Motor DC Seri: Teori dan Eksperimen. *Transaksi IEEE pada Elektronik Industri*. 45(1): 134-141.
- [18]. Dubey, Saurabh & SK Srivastava. 2013. Analisis Real Time Motor DC Terkendali PID. *Jurnal Internasional Penelitian Inovatif di Teknik Komputer dan Komunikasi*. 01(8): 1965-1973.
- [19]. Nugraha, Anggara Trisna, Dadang Priyambodo, dan Sryang Tera Sarena. "Desain Pengisi Daya Baterai Berbasis Arduino Uno untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin." *JPSE (Jurnal Ilmu Fisika dan Teknik)* 7.1 (2022): 23-38.
- [20]. Ravi, Alwy Muhammad, Hendro Agus Widodo, dan Anggara Trisna Nugraha. "PENGARUH PENGGUNAAN METODE KONTROL PI PADA KONTROL EKSITASI GENERATOR SINKRON." *Seminar MA MASTER PPNS*. Jil. 6. No. 1. 2021.
- [21]. Nugraha, Anggara Trisna, dkk. "Pemodelan Sistem Kontrol Arus Rem Menggunakan Linear Quadratic Regulator (LQR) dan Proportional Integral Derivative (PID)." *Jurnal Elektronika, Teknik Elektromedis, dan Informatika Medis Indonesia* 4.2 (2022): 85-93.