

## **PERANCANGAN MODUL *BIDIRECTIONAL DC-DC* KONVERTER BERBASIS MIKROKONTROLER UNTUK PENYIMPANAN ENERGI PADA SISTEM ENERGI TERBARUKAN**

**Vira Akbar Septiyoko<sup>1</sup>, Rifdian Indrianto Sudjoko<sup>2</sup>, Prasetyo Iswahyudi<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Politeknik Penerbangan Surabaya, Jl. Jemur Andayani I No. 73, Surabaya, 60236

Email: [viraakbar54@gmail.com](mailto:viraakbar54@gmail.com)

### **Abstrak**

Energi Terbarukan merupakan sumber energi dari alam yang dapat dihasilkan secara bebas dan di perbarui secara terus menerus yang bisa digunakan secara tak terbatas dan terus menerus sebagai sumber energi kehidupan.

Pada rancangan alat ini di rancang menggunakan Modul Dc to DC Konverter yang digunakan untuk penyimpanan energi dengan sistem fotovoltaiik. Bidirectional DC to DC konverter ini dapat bekerja dalam dua mode, yaitu mode pengisian dan mode pengosongan. Sistem penyimpanan energi bekerja untuk menyimpan energi dari panel surya ke dalam baterai ketika kapasitas pembangkit energi lebih tinggi dari permintaan beban. Selanjutnya, energi yang disimpan dalam baterai akan digunakan untuk suplai bus DC ketika kapasitas pembangkitan energi lebih rendah dari permintaan beban. Untuk mengetahui tegangan dan arus yang dihasilkan dari sistem alat ini digunakan mikrokontroler yang menggunakan modul ESP 8266 untuk mengirim data dari modul ke LCD.

Panel surya yang digunakan sebesar 50 Wp dengan maksimal tegangan yang di dapat selama tiga hari pengujian 20,10 V yang dimana tegangan dari panel surya diturunkan rata -rata menjadi 5, 09 V, dengan tegangan tersebut mampu dapat menyuplai beban dan sekaligus melakukan pengisian terhadap baterai aki. Rancangan ini dapat berguna sebagai pemanfaatan energi terbarukan dan sebagai sumber energi alternatif untuk mengurangi penggunaan energi fosil, dan dapat membantu kebutuhan listrik yang sangat meningkat di masa sekarang.

**Kata kunci:** Sistem fotovoltaiik, Modul Bidirectional DC to DC konverter, Buck konverter, Mikrokontroller, Penyimpanan Energi.

***Abstract***

*Renewable energy is a source of energy from nature that can be produced freely and continuously updated which can be used unlimitedly and continuously as a source of life energy.*

*In the design of this tool, it is designed using a Dc to DC Converter Module which is used for energy storage with a photovoltaic system. This bidirectional DC to DC converter can work in two modes, namely charging mode and discharging mode. The energy storage system works to store energy from the solar panels into the battery when the energy generating capacity is higher than the load demand. Furthermore, the energy stored in the battery will be used for DC bus supply when the energy generation capacity is lower than the load demand. To determine the voltage and current generated from this tool system, a microcontroller which uses the ESP 8266 module is used to send data from the module to the LCD.*

*The solar panel used is 50 Wp with a maximum voltage that can be obtained for three days of testing 20.10 V where the voltage from the solar panel is lowered on average to 5.09 V, with this voltage being able to supply the load and simultaneously charge the battery. This design can be useful as the use of renewable energy and as an alternative energy source to reduce the use of fossil energy, and can help the increasing demand for electricity today.*

***Keywords*** : Photovoltaic system, Bidirectional DC to DC converter module, Buck converter, Microcontroller, Energy Storage.

## PENDAHULUAN

Sumber daya berkelanjutan seperti air, angin, energi laut, biomassa, dan matahari dapat menjadi energi pilihan untuk menggantikan ketergantungan yang semakin terbatas pada turunan minyak bumi. Banyak negara sekarang menggunakan sumber daya yang berkelanjutan untuk menghasilkan listrik karena mereka mempertimbangkan dampak perubahan lingkungan yang mungkin disebabkan oleh penggunaan turunan minyak bumi. Perkembangan inovasi ketenagalistrikan yang berkelanjutan juga ditentukan oleh kenaikan biaya produk minyak bumi dan proporsi emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan. Sumber daya yang berkelanjutan adalah sumber daya yang ramah lingkungan yang dapat digunakan tanpa henti di alam.

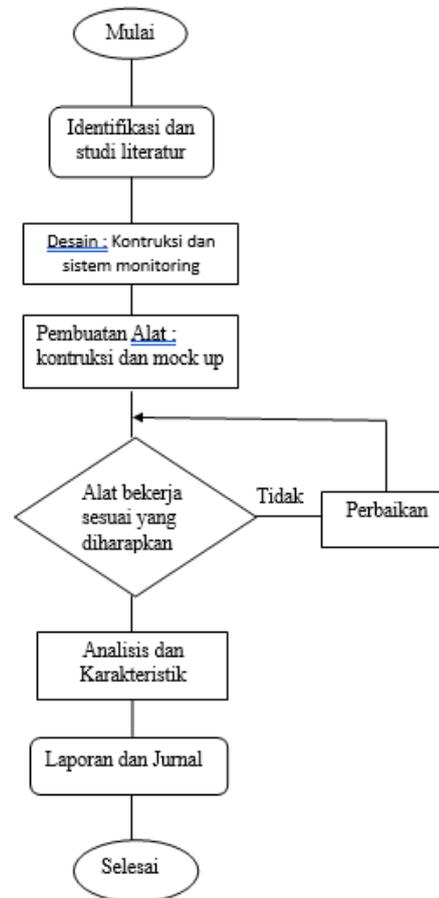
Listrik yang berkelanjutan dapat digunakan tanpa pamrih, dapat diisi ulang berkali-kali, dan berlimpah di alam. Kerangka Kapasitas Energi adalah pengembangan strategi dan kemajuan yang digunakan sebagai sarana disipasi listrik, elektrokimia, bahan komposit (mekanik), panas (panas), angin, matahari, dan berbagai jenis energi. Gagasan di balik rencana tersebut adalah bahwa energi akan digunakan secara efektif di beberapa titik dalam waktu yang tidak terlalu lama.

Perencanaan dan inovasi kapasitas energi yang paling umum digunakan adalah kerangka penyimpanan energi listrik. Penempatan kuda-kuda untuk menyimpan energi listrik dibagi menjadi kelompok daya dan kelompok pemeliharaan. Inovasi kapasitas energi juga mengacu pada cara paling umum untuk mengubah energi dari struktur yang sulit disimpan menjadi struktur yang lebih efisien atau berguna. **“Rancang Bangun Modul Bidirectional DC to DC Konverter Berbasis Mikrokontroler untuk Penyimpanan Energi pada Sistem Energi Terbarukan ”**

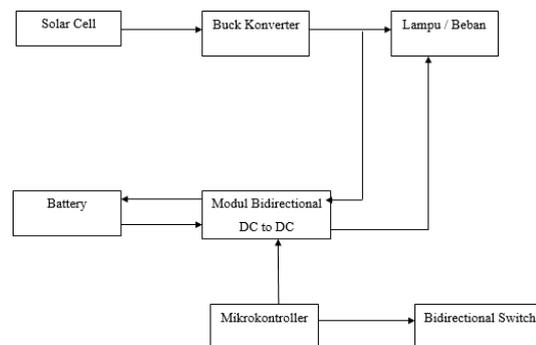
## 1. Desain Penelitian

Diagram alir penelitian ditunjukkan oleh Gambar 1. Untuk membantu tahapan – tahapan pelaksanaan penelitian ini perlu di gambar bagan alur penelitian

Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



## 2. PERANCANGAN ALAT



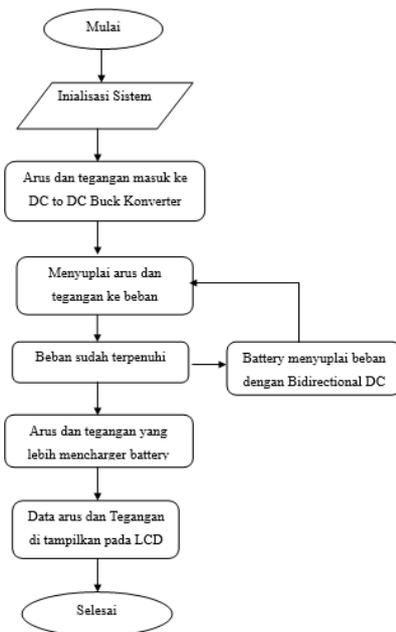
### a. Desain Alat

Gambar 2. Desain Alat

Dari desain alat yang ditunjukkan Gambar 2, diketahui bahwa alat ini nanti akan terdiri dari Photovoltaic yang menjadi penyerap energi surya, kemudian buck converter sebagai komponen untuk menaikkan dan menurunkan tegangan dc, setelah itu modul bidirectional dc – dc converter sebagai komponen yang mengubah menjadi dc -dc dan disimpan ke battery dan mikrokontroler yang sebagai pengontrol tegangan yang masuk dan disimpan

akan menurunkan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya menjadi tegangan sekitar 5 V dan sebagian tegangan yang di serap akan mengalir pada modul bidirectional dc – dc converter yang di alirkan ke beban yang di suplai dan sebagian tegangan dari beban disimpan ke dalam battery tersebut, Dan diharapkan dari alat ini energi surya yang diserap dan tersimpan pada battery yang tersedia akan dapat menjadi cadangan Ketika tidak adanya energi surya.

### b. CARA KERJA ALAT



Gambar 3. Diagram Alir Cara Kerja Alat

Cara kerja alat yang ditunjukkan oleh Gambar

3 yakni dengan memanfaatkan energi terbarukan yaitu energi surya. Energi surya ini dapat menghasilkan energi listrik dan di serap dengan system photovoltaic yang menggunakan solar cell, alat ini menggunakan panel surya sebesar 50 Wp dan diteruskan ke buck converter, yang dimana buck converter ini nanti

### c. KOMPONEN ALAT

Komponen alat terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras terdiri dari panel surya, *Buck Konverter*, *Modul Bidirectional DC to DC konverter*, *sensor ACS 712*, *Baterai*, *ESP 8266*, *Arduino Nano*, *Arduino Ide*.

### 3. TEKNIK PENGUJIAN

Teknik pengujian alat yang penulis terapkan adalah melakukan pengujian secara langsung dan manual dengan memanfaatkan energi matahari dengan menggunakan system photovoltaic.

Kemudian dilakukan pengamatan terhadap Modul Bidirectional DC – DC Converter dapat berkerja atau tidak dan data tegangan yang tersimpan masuk dalam mikrokontroler atau tidak.

### 4. TEKNIK ANALISIS DATA

Adapun metode pengumpulan data yang digunakan untuk penulisan penelitian ini antara lain:

1. *Metode penelitian dokumenter*, khususnya bagaimana mengkaji, menggali, dan mempertimbangkan teori-teori yang mendukung

pemecahan masalah, masalah penelitian.

2. *Metode kepustakaan*, khususnya dari berbagai buku referensi dan informasi dari narasumber, kerabat serta beberapa situs internet sangat bermanfaat untuk mendapatkan landasan teori sebagai sumber artikel ini dan Merujuk pada permasalahan yang diangkat oleh penulis.
3. *Metode observasi*, khususnya kerja lapangan untuk mencari data dan informasi pendukung, jika perpustakaan dan laboratorium tidak tersedia. Oleh karena itu, kita dapat memberinya penjelasan tentang keberadaannya..
4. *Metode analisis perhitungan*, khususnya dengan melakukan analisis perhitungan konstruksi dari bagian yang dirancang.
5. *Metode eksperimen*, khususnya melakukan tes untuk memperoleh data dari hasil eksperimen program simulasi untuk membantu memecahkan masalah yang luar biasa.
6. *Diskusi*, adalah melakukan konsultasi dan konsultasi dengan narasumber dan pihak lain yang dapat membantu dalam pelaksanaan rancangan ini.

## TINAJUAN PUSTAKA

### 1. Energi Surya

Energi matahari memberikan banyak manfaat bagi kelangsungan hidup tanaman dan manusia. Energi panas yang dihasilkan oleh matahari, yang dikenal sebagai produksi makanan atau fotosintesis, bermanfaat bagi tanaman. Salah satu sumber energi terbarukan adalah energi matahari. Energi matahari juga merupakan

salah satu sumber energi terbarukan dan merupakan sumber energi yang sangat penting dan banyak digunakan.

### 2. PANEL SURYA

Kolektor surya, disebut juga sel surya, adalah komponen atau alat yang dapat mengubah energi atau energi matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip fotovoltaiik. Tujuan dari efek fotovoltaiik adalah fenomena bahwa sambungan atau elektroda kontak yang terhubung ke sistem padat atau cair menghasilkan tegangan dengan menyimpan energi cahaya. Oleh karena itu, panel surya atau solar cell disebut juga dan termasuk *photovoltaic* atau *sel photovoltaic* (Anhar et al., 2018).

### 3. Buck Konverter

Konverter buck adalah jenis konverter DC-DC step-down yang dirancang untuk menurunkan tegangan DC. Konverter ini digunakan untuk mendapatkan tegangan DC yang lebih rendah dari tegangan input. Konverter buck beroperasi dalam dua keadaan, ketika sakelar tertutup dan ketika sakelar terbuka. Ketika sakelar ditutup, ia membias balik dioda dan memungkinkan arus mengalir dari sumber tegangan melalui induktor, kapasitor, bukaan, dan kembali ke sumber.

### 4. MODUL BIDIRECTIONAL DC TO DC KONVERTER

Konverter DC/DC dua arah sangat diminati akhir-akhir ini karena meningkatnya kebutuhan akan struktur yang dapat mengalihkan arus dua arah pada bus DC. Salah satunya adalah sistem energi terbarukan. Konverter DC-DC dasar dan konverter Greenback dan Enhancement tidak dapat menyediakan daya dua arah. Dilema ini terkait dengan keberadaan dioda dalam rangkaian yang melindungi terhadap aliran arus.

### 5. MIKROKONTROLER ESP 8266

Node MCU adalah platform IoT sumber terbuka. Berisi perangkat keras berupa ESP8266 System On Chip untuk sistem ESP8266. Modul ini membutuhkan catu daya sekitar 3.3V dan memiliki 3 mode WiFi: stasiun, faktor akses, dan keduanya. Modul ini juga memiliki prosesor, memori dan GPIO dengan nomor pin tertentu tergantung pada tipe ESP8266 yang digunakan. Karena perangkat ini memiliki komputer mikro internal, perangkat ini dapat digunakan sendiri tanpa komputer mikro. Spesifikasi mikrokontroler ESP32 ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Mikrokontroler ESP 8266

Spesifikasi	NODEMCU V3
Mikrokontroler	ESP 8266
Ukuran Board	57 mm x 30 mm
Tegangan Input	3,3-5 V
GPIO	13 PIN
Kanal PWM	10 Kanal
10 bit ADC Pin	1 Pin
Flash Memory	4 MB
Clock Speed	40/ 26/ 24 MHz
Wifi	IEEE 802.11 b/g/n
Frekuensi	2,4- 22,5 Ghz
USB Port	Micro USB
Card Reader	Tidak ada
USB to Serial Converter	CH340G

### 6. LCD 20 x 4

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu perangkat elektronika yang memiliki fungsi untuk menampilkan media yang memanfaatkan kristal cair sebagai objek penampil utama. LCD yang dipakai yaitu ukuran 20x4 yang dapat menampilkan hasil sensor tegangan masuk dari panel surya dan

juga sensor tegangan keluar dari modul Buck Converter

## HASIL DAN PEMBAHASAN

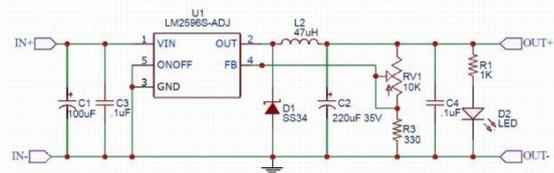
### 1. Hasil Penelitian

#### a. Pembuatan Perangkat Keras

##### i. Panel Surya

Pelindung matahari merupakan aspek penting dari rancangan alat PV ini. Dalam tata letak ini, saya menggunakan panel surya 50W. Digunakan untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Satuan Mobile Solar Power adalah High Watts. Output maksimum dari modul surya adalah 10 Watt per jam. Menurut beberapa peneliti, panel surya akan paling efisien memanen daya selama 3-5 jam sehari, tergantung penempatannya. Asumsikan hari pada ketinggian adalah 5 jam atau  $50 \times 5 = 250$  kWh/hari. Oleh karena itu, sebagian besar keterampilan dapat digunakan setiap hari.

##### i. Rangkaian Buck Boost Converter

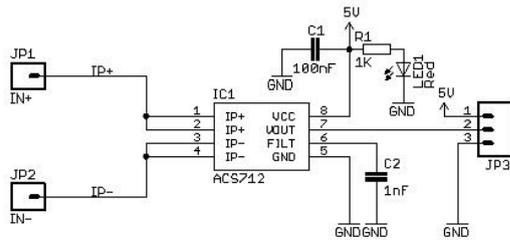


Gambar 4. Wiring Rangkaian Modul LM 2596

Pada rangkaian modul LM2596 terlihat pada Gambar 4, modul buck ini menggunakan IC LM2596. Di sini, IC LM2596 adalah sirkuit terintegrasi yang bertindak sebagai konverter DC step-down dengan arus pengenal 3A. Ada beberapa variasi rangkaian IC ini, yang dapat dibagi menjadi dua kelompok: versi yang dapat disesuaikan dengan tegangan keluaran yang dapat disesuaikan dan versi keluaran tegangan tetap dengan tegangan keluaran

yang tetap. Modul di atas menggunakan rangkaian IC yang dapat diatur yang dapat mengubah tegangan output. Kelebihan modul buck LM2596 melalui resistor/potensiometer buck adalah tegangan keluaran tidak berubah (stabil) seiring naik turunnya tegangan masukan.

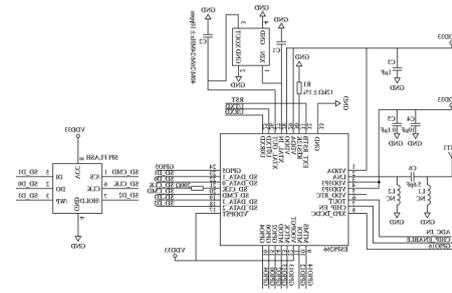
ii. Sensor ACS 712



Gambar 5. Wiring Sensor ACS 712

Wiring untuk sensor ACS 712 ditunjukkan pada Gambar 5. Sensor ACS712 adalah sensor arus efek Hall. Hall Effect Allegro ACS712 sensor arus AC atau DC akurasi tinggi untuk pengukuran arus dalam sistem industri, otomotif, komersial, dan komunikasi. Secara umum aplikasi sensor ini biasanya digunakan untuk kontrol motor, pendeteksi beban listrik, switching power supply, proteksi overload, dan bentuk fisik dari sensor arus ACS712. Sensor ini sangat akurat karena sirkuit Hall tembaga single-pass, linier, offset rendah. Cara kerja sensor ini adalah dengan menciptakan medan magnet melalui kabel tembaga yang berisi pembacaan arus yang ditangkap oleh IC Hall onboard dan diubah menjadi tegangan proporsional. Akurasi pembacaan sensor dioptimalkan dengan menempatkan komponen dekat antara konduktor pembangkit medan dan transduser Hall. Karena rasio tegangan yang tidak tepat, Bi-CMOS Hall IC7 yang dipasang oleh pabrikan sangat akurat dan stabil.

ii. Mikrokontroler ESP 8266



Gambar 6. Wiring Mikrokontroler ESP 8266 Perancangan alat ini memerlukan sebuah

mikrokontroler berupa ESP32 sebagai IoT, yang ditunjukkan Gambar 6. ESP8266 Modul Wifi ini bisa sangat berguna untuk anda yang belum sama sekali mengenal modul-modul elektronika, karena ada banyak sekali modul-modul elektronika di dunia ini dan salah satunya modul wifi yang sangat bermanfaat bagi pekerjaan elektronika, chip terintegrasi yang didesain untuk keperluan dunia masa kini yang serba tersambung.

iii. Baterai

Baterai memiliki fungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan dari panel surya, pada perancang ini menggunakan baterai bertipe 12V 7.2AH.

iv. Arduino Nano

Arduino adalah platform komputasi fisik open source. Arduino lebih dari sekedar alat pengembangan, ini adalah kombinasi yang kuat dari perangkat keras, bahasa pemrograman, dan lingkungan pengembangan terintegrasi (IDE).

b. PERANGKAT LUNAK DAN APLIKASI

i. Software Arduino IDE

Arduino adalah program software yang digunakan untuk membuat perintah atau bisa disebut aplikasi untuk koding yang bertujuan untuk menerjemahkan atau memerintah dari perangkat microcontroller. Dalam hal ini software tersebut membantu untuk membuat perintah yang dilakukan sensor atau komponen pada alat yang dibuat penulis. Dalam membuat simulasi pemrograman microcontroller terdapat beberapa langkah yang harus diperhatikan.

**2. PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN**

**a. Hasil Pengujian**

Pengujian dilakukan terhadap panel surya, modul LM 2596, ACS 712, baterai ke beban, charging baterai. Pengujian panel surya ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Panel Surya

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Lux	Keterangan
08.00	20,0	0,39	102,2	Cuaca Cerah
09.00	17,47	0,33	63,2	Cuaca berawan
10.00	19,04	0,36	100,8	Cuaca Cerah
11.00	18,81	0,36	78,0	Cuaca Cerah berawan
12.00	20,04	0,39	79,4	Cuaca Cerah / Panas
13.00	20,01	0,39	79,8	Cuaca Panas
14.00	19,32	0,36	78,2	Cuaca Panas
15.00	14,82	0,27	44,5	Cuaca mendung
16.00	14,80	0,27	44,3	Cuaca mendung gelap
17.00	13,90	0,25	43,9	Cuaca mendung gelap

Tabel 3. Hasil Pengujian Tegangan Modul

**LM 2596**

Waktu	Tegangan masuk (V in)	Tegangan keluar (V out)
08.00	14,6	5,09
09.00	13,61	5,08
10.00	16,66	5,09
11.00	18,01	5,09
12.00	19,33	5,09
13.00	19,27	5,09
14.00	20,1	5,08
15.00	4,67	2,43
16.00	4,67	2,42
17.00	4,67	2,45

Waktu	Arus masuk (A)	Arus keluar (A)
08.00	0,27	0,6
09.00	0,25	0,6
10.00	0,32	0,6
11.00	0,33	0,6
12.00	0,35	0,6
13.00	0,34	0,6
14.00	0,39	0,6
15.00	0,05	0,6
16.00	0,05	0,6
17.00	0,05	0,6

Tabel 4. Hasil Pengujian Arus Modul LM 2596

Dalam perobaan pengujian panel surya yang ditunjukkan pada tabel 2.

Dapat dianalisis bahwa pengujian panel surya bertujuan untuk mengetahui besarnya tegangan dan arus yang di dapat dari output panel surya dalam setiap jam. Dari hasil pengujian didapatkan kesimpulan solar cell ini jika pada cuaca paling cerah dan panas bisa mendapatkan hasil tegangan sebesar 20,8 V dan jika pada cuaca paling gelap / mendung sebesar 13,9 V dan arus yang di dapat paling tinggi pada cuaca cerah sebesar 0,40 A dan paling rendah sebesar 0,25 A. Dapat disimpulkan bahwa Solar Cell dengan besaran 50 WP tegangan dan arus yang di dapat selama tiga hari jika cuaca normal antara 17,0 V – 19, 0 V dan 0,36 A - 0, 39 A.

Dari hasil pengujian, telah didapat data bahwa pengukuran menggunakan avometer adalah hasil tegangan masuk dan tegangan keluar dan juga arus masuk dan arus keluar. Dari tabel diatas dimana tegangan yang masuk dai panel surya sudah mengalami penurunan tegangan dimana modul LM 2596 bekerja dengan normal dan fungsi dari modul LM 2596 menurunkan tegangan dari solar cell dari tegangan 17,77 V diubah menjadi 5,09 V yang

kemudian akan di teruskan ke dalam komponen ACS yang akan menghasilkan tegangan stabil sesuai dengan suplai dari solar cell atau baterai. Yang ditunjukkan pada tabel 3. Dan tabel 4.

Tabel 5. Hasil Pengujian *charging* baterai

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)
10 Menit	12,78 V	0,18
20 Menit	12,78 V	0,18
30 Menit	12,79 V	0,20
40 Menit	12,81 V	0,22
50 Menit	12,84 V	0,21
60 Menit	12,85 V	0,25
70 Menit	12,85 V	0,22
80 Menit	12,86 V	0,27
90 Menit	12,87 V	0,21
100 Menit	12,89 V	0,19
110 Menit	12,89 V	0,24
120 Menit	12,92 V	0,26

Pada pengujian ini dapat dilihat pada tabel diatas bahwa terdapat kenaikan tegangan dari 12,56 V menjadi 12,92 V atau sebesar 0,34 V, dimana pada pengujian ini dimana rancang bangun pada alat ini berkerja dengan baik dan kondisi baterai yang diisi dikatakan dalam kondisi baik. Yang ditunjukkan pada tabel 5 diatas

Pada pengujian mikrokontroler ESP 8266, rancangan yang digunakan yaitu 5 V tegangan input yang mendapatkan suplai dari modul LM 2596 dan juga baterai aki. Hasil pengujian modul ESP 8266 sebagai mikrokontroler menunjukkan lampu LED indikator Modul ESP 8266 menyala yang menandakan bahwa modul ESP 8266 aktif dan bekerja secara normal dan dalam kondisi baik.

Pengujian Arduino IDE dilakukan dengan memastikan kode yang dibuat telah benar. Berdasar hasil pengujian, kode yang dibuat telah sesuai dan siap untuk diunggah ke mikrokontroler ESP 8266.

### **KEKURANGAN DAN KELEBIHAN ALAT**

Kekurangan alat pada penelitian ini adalah rancang bangun ini masih menggunakan monitoring manual dengan menampilkan data pada LCD dan rancangan ini tidak menggunakan solar charge controller pada pengisian baterai aki. Kelebihan alat pada penelitian ini adalah rancangan ini menggunakan modul bidirectional dengan mode dua arah untuk pengisian dan pengosongan baterai dan juga menggunakan mikrokontroler ESP 8266 yang dimana sebagai mikrokontroler jarak jauh.

### **SIMPULAN**

Berdasar hasil dan pembahasan penelitian, dapat diambil kesimpulan berupa rancang bangun ini mampu melakukan perpindahan arus dalam dua arah dengan menggunakan modul bidirectional dc to dc konverter yang dapat melakukan pengisian dan pengosongan baterai ke beban dengan memanfaatkan energi terbarukan yaitu sinar matahari.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1.]Antonisfia, Y., 2013. Pengisian Aki Dengan Buck Konverter, Jurnal Elektron, 5 (1), pp.29-33.
- [2.]Bachtiar, Muhammad, (2006).” Prosedur Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Unuk Perumahan ( Solar Home System ). Jurnal SMARTek, Palu: Universitas Tandulako.
- [3.]Dherry Riski, Andhika Hairullah, Medeline Citra Vanessa ( 2021 ). RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
- [4.]PIKO HIDRO MENGGUNAKAN TURBIN ARCHIMEDES SCREW BILAH LIMA DENGAN SISTEM PENGONTROLAN INLET AIR DAN MONITORING BERBASIS IOT. Bangka Belitung : Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

- [5.]D. Trowler dan B. Whitaker. (Mei 2008) “Bi- Directional Inverter dan Penyimpanan Energi Sistem,” Universitas Arkansas, Fayetteville, AS, Texas Instruments Kontes Desain Analog,
- [6.]Fahlevi, Reza, (2014).”Pengujian Karakteristik Panel Surya Berdasarkan Intensitas Tenaga Surya”. Skripsi, Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [7.]Harahap, Akbar Honey, (2018) .“Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Di Kota Pekanbaru”. Skripsi, UIN SUSKA. Kholiq. ( 2015 ). “Pemanfaatan Energi Alternatif sebagai Energi Terbarukan untuk Mendukung Substitusi BBM,” Jurnal IPTEK, Vol. 19, No. 2, hal. 75-91.
- [8.]K. Suresh dan R. Arulmozhiyal ( 2016 ), “Design and Implementation of BiDirectional DC-DC Converter for Wind Energy System,” Circuits and Systems, Vol. 7, No. 11, hal. 3705-3722.
- [9.]Komisi Eropa, (2009.), Energi Surya Fotovoltaik: Pengembangan dan Penelitian Saat Ini, Luksemburg, Luksemburg: Kantor Resmi Publikasi Uni Eropa,
- [10.] Mahindra, Disrah, (2018). Analisa Teknis Dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Berbasis Biomasa Di Desa Suhada Kabupaten Indragiri Hilir. UIN SUSKA.
- [11.] M Nurul Hilal Lubudi ( 2020 ). RANCANG BANGUN BATTERY MANAGEMENT SYSTEM ACTIVE BALANCING PADA BATERAI LI-ION 12V 2,5Ah. Yogyakarta
- [12.] Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Muhammad Zainal Arifin , Ratna Ika Putri. ( 2021 ). IMPLEMENTASI KONTROLER PI

PADA BUCK CONVERTER SEBAGAI  
PENGATUR TEGANGAN KONSTAN  
DI SISTEM TURBIN ANGIN  
PERMANENT MAGNET SCHRONOUS  
GENERATOR ( PSMG ) DILENGKAPI  
SISTEM MONITORING BERBASIS  
IOT. Malang : Politeknik Negeri Malang

