

Analisa Charging Baterai Menggunakan Bidirectional Converter Pada PLTS Skala Kecil

¹Anto Nugroho, ²Abraham Lomi, ³Irrine Budi Sulistiawati, ⁴Rusilawati

¹Teknik Elektro S1, Institut Teknologi Nasional, Malang, Indonesia

²Teknik Elektro, Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari, Banjarmasin, Indonesia

¹antonugroho90@gmail.com, ²abraham@lecturer.itn.ac.id, ³irrine@lecturer.itn.ac.id, ⁴habsyi.sila@gmail.com

Abstract— *The most important part in the Solar Power Generation system is the storage element. A chemical battery or super capacitor is used to store and collect energy fluctuations. However, the battery will run out quickly along with use so it needs to be charged or charging. For charging the battery requires a converter circuit that can adjust the direction of the flow of power that flows to charge or use the battery.*

The bidirectional converter can work in two modes, namely buck mode (Charging) and boost mode (discharging) used as battery control in PLTS. The charging mode is when the PV produces high power, the buck converter will lower the voltage for charging the battery and supply the load needs. Discharging mode where when the PV can not meet the needs of the load where the battery will release its energy to the load. In the results of the Bidirectional Converter assembly there is a setting point, namely when the PV voltage is above 14.9 v then the bidirectional converter will work in buck mode, and if the PV voltage is less than 14.9 then the bidirectional converter will work in boost mode. This bidirectional converter is capable of providing a charging current output of 2.0A and an output voltage of 13.3V. The test results show that the bidirectional converter can work in both charging and discharging conditions.

Keywords—PWM, Microcontroller, Bidirectional Converter, Buck, Boost.

Abstrak— *Bagian terpenting dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah elemen penyimpanan. Sebuah baterai kimia atau super capsitor digunakan sebagai penyimpanan dan mengumpulkan fluktuasi energi. Akan tetapi baterai akan cepat habis seiring dengan penggunaan sehingga perlu diisi atau charging. Untuk charging pada baterai memerlukan rangkaian konverter yang dapat mengatur arah aliran daya yang mengalir untuk mengisi atau menggunakan baterai.*

Bidirectional converter dapat bekerja pada dua mode, yaitu mode buck (Charging) dan mode boost (discharging) digunakan sebagai kontrol baterai pada PLTS. Mode charging yaitu ketika PV menghasilkan daya yang tinggi maka converter buck akan menurunkan tegangan untuk pengisian baterai dan menyuplai kebutuhan beban. Mode discharging dimana ketika PV tidak dapat memenuhi kebutuhan beban dimana baterai akan melepas energinya ke beban. Pada hasil perakitan Bidirectional Converter terdapat setting point yaitu pada saat tegangan PV diatas 14,9 v maka bidirectional converter akan bekerja dalam mode buck, dan

apabila tegangan PV kurang dari 14,9 maka bidirectional converter akan bekerja dalam mode boost. Bidirectional converter ini mampu memberikan output arus charging 2,0A dan tegangan output 13,3V. Pada hasil pengujian menunjukkan bahwa bidirectional converter dapat bekerja dalam kondisi charging maupun discharging.

Kata Kunci—PWM, Microcontroller, Bidirectional Converter, Buck, Boost.

I. PENDAHULUAN

Bagian terpenting dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah elemen penyimpanan. Sebuah baterai kimia atau super capsitor digunakan sebagai penyimpanan dan mengumpulkan fluktuasi energi. Akan tetapi baterai akan cepat habis seiring dengan penggunaan sehingga perlu diisi atau charging. Untuk charging pada baterai memerlukan rangkaian konverter yang dapat mengatur arah aliran daya yang mengalir untuk mengisi atau menggunakan baterai. [4]

Pada penelitian ini menggunakan bidirectional converter yang mampu bekerja dua arah yaitu mode buck dan boost. Mode buck yaitu dimana panel surya menghasilkan energi yang lebih dan sebagian energi digunakan untuk charging baterai, sedangkan mode boost akan bekerja jika energi dari panel surya tidak mampu memenuhi kebutuhan daya serta menyalurkan energi dari baterai untuk memenuhi kebutuhan daya. Bidirectional converter dipicu oleh PWM (Pulse With Modulation) agar menghasilkan sinyal yang presisi. Pembangkitan sinyal PWM menggunakan microcontroller Arduino Uno. Bidirectional Converter yang dirancang diharapkan mampu menghasilkan tegangan output yang konstan, mengisi baterai apabila energi pada baterai lemah dan memutus proses pengisian apabila jumlah energi pada baterai telah penuh untuk menghindari overcharge serta memonitor tegangan dan arus pada baterai. Pada penelitian sebelumnya memiliki kelebihan sudah menggunakan inverter sehingga dapat menghasilkan tegangan keluaran berupa tegangan AC, serta memiliki kelemahan belum memiliki rangkaian kontrol sehingga tegangan keluaran tidak konstan.

Pada penelitian ini akan digunakan kapasitas induktor yang sesuai untuk menghasilkan tegangan dan arus output yang konstan.

II. METODOLOGI

A. Studi Literatur

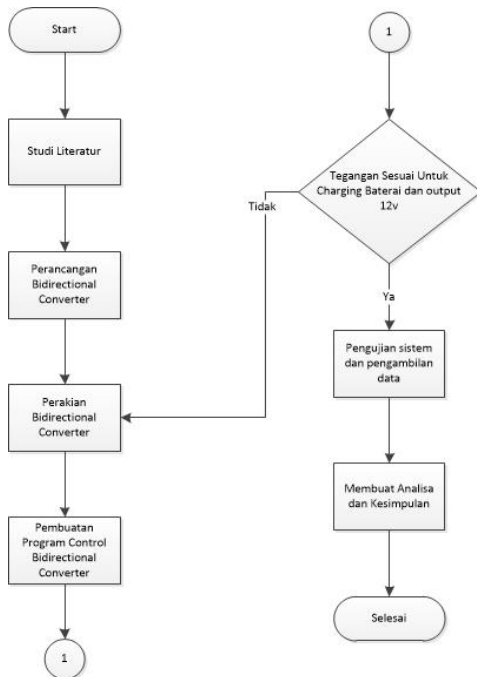
Studi Literatur dilakukan untuk mengetahui teori-teori yang berhubungan dengan alat yang akan dibuat, sehingga dapat dijadikan sebagai acuan dalam pembuatan alat agar didapatkan hasil yang berkualitas. Pencarian referensi dari berbagai berbagai jurnal. Literatur yang dipelajari meliputi Bidirectional converter, DC-DC Buck Boost Converter.

B. Perancangan Alat

Perancangan alat ini bertujuan untuk mendapatkan skema atau rangkaian alat yang dibuat. Perancangan ini meliputi pembuatan sistem kontrol, perhitungan dan pemilihan komponen-komponen yang digunakan.

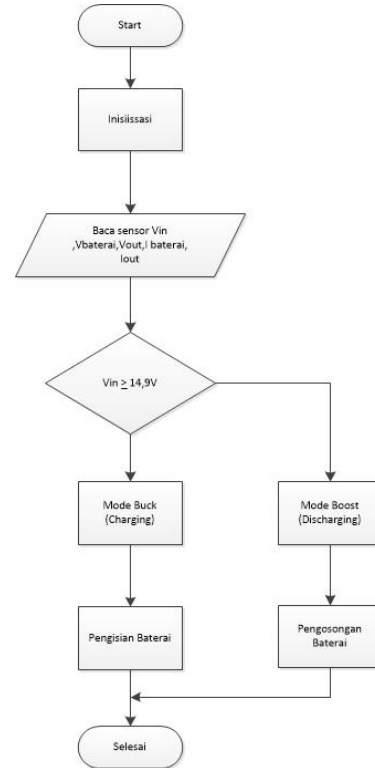
Desain Rangkaian Bidirectional Converter menggunakan dua driver MOSFET sebagai switch yaitu Buck (Charging Mode) dan Boost (Discharging Mode). Microcontroller sebagai pengatur PWM pada Buck Boost. Rangkaian Bidirectional Converter ini digunakan sebagai pengontrol charging dan discharging pada baterai. Tegangan output yang diharapkan untuk charging baterai adalah 13,6V sedangkan pada sisi output untuk beban adalah 12V.

C. Flowchart Alur Pembuatan Alat



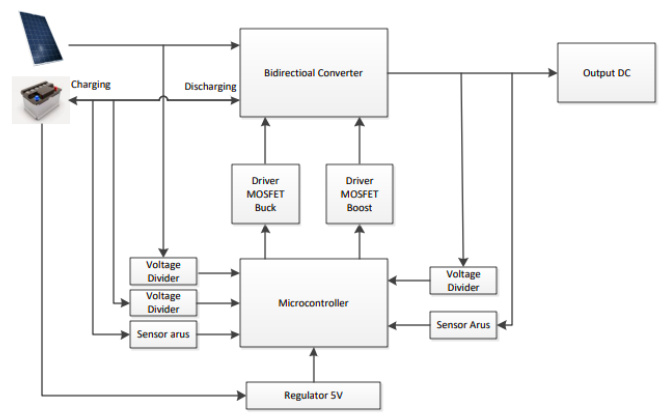
Gambar 1. Flowchart Alur Pembuatan

D. Flowchart Sistem Kerja Alat



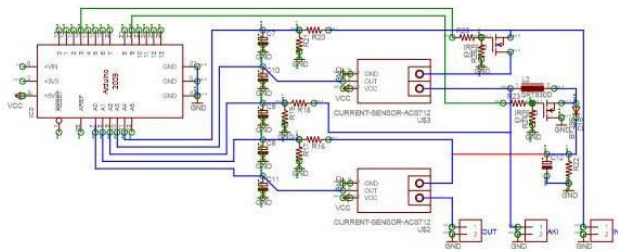
Gambar 2. Flowchart Sistem Kerja

E. Diagram Blok Alat

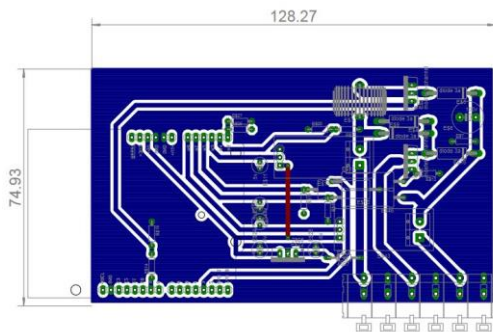


Gambar 3. Diagram Blok

F. Perancangan Perangkat Keras



Gambar 4. Skematik Rangkaian



Gambar 5. Layout PCB



Gambar 6. Modul Bidirectional Converter

G. Prinsip Kerja

Sensor tegangan akan mendeteksi tegangan output solar panel, apabila tegangan output pada solar panel (tegangan sumber) lebih tinggi dari tegangan referensi (setting point) maka driver MOSFET Buck akan bekerja. Sehingga baterai akan dikondisi charging. Ketika tegangan sumber kurang dari tegangan referensi (setting point) maka driver MOSFET Boost

akan bekerja dan baterai akan melepas energinya ke beban (Discharging). Regulator 5v akan menyuplay tegangan microcontroller. Untuk memonitor baterai maka dipasang sensor arus dan sensor tegangan pada outputnya.

Tabel 1. Parameter Perhitungan Bidirectional Converter

Vinput (Tegangan masukan minimal)	11V
Vinput (Tegangan input maksimal)	22V
Voutput (Tegangan keluaran yang diinginkan)	12V
Ripple tegangan output	1%
Ripple arus induktor	10%
Arus output	3A

Berikut perhitungan untuk menentukan spesifikasi komponen-komponen yang digunakan :

1. Perhitungan dengan input 11V :

a. Menentukan nilai duty cycle :

$$V_o = \frac{1}{(1 - D)} V_i \tag{1}$$

$$12 = \frac{1}{(1 - D)} 11 \tag{2}$$

$$D = 0,083 \tag{3}$$

b. Menentukan nilai induktor :

$$I_o = I_c = 3A \tag{4}$$

$$I_l = I_o + I_i = 3 + 3 = 6A \tag{5}$$

$$L = \frac{V_i \times D}{\Delta I_{lpp} \times f_{sw}} \tag{6}$$

$$C = \frac{3 \times 0,083}{0,1 \times 12 \times 16.000} = 129,6 \mu F \tag{7}$$

c. Menentukan nilai kapasitor

$$C = \frac{I_o \times D}{8 \times \Delta V_{c_{pp}} \times f_{sw}} \tag{8}$$

$$C = \frac{3 \times 0,83}{8 \times 0,01 \times 12 \times 16.000} = 162 \mu F \tag{9}$$

2. Perhitungan dengan input 22V :

a. Menentukan duty cycle :

$$D = \frac{V_o}{V_i} \quad (10)$$

$$D = \frac{12}{22} \quad (11)$$

$$D = 0,54 \quad (12)$$

b. Menentukan nilai induktor :

$$L = \frac{V_o (1 - D)}{\Delta I_{lpp} \times f_{sw}} \quad (13)$$

$$L = \frac{12 \times (1 - 0,54)}{0,1 \times 3 \times 16000} = 1150 \mu H \quad (14)$$

c. Menentukan nilai kapasitor :

$$C = \frac{I_o \times D}{8 \times \Delta V_{c_{pp}} \times f_{sw}} \quad (15)$$

$$C = \frac{3 \times 0,46}{8 \times 0,01 \times 12 \times 16.000} = 89,8 \mu F \quad (16)$$

III. ANALISA HASIL DAN DATA

Berdasarkan rancangan maka dapat dilakukan pengujian untuk menganalisa peforma dari bidirectional converter pada kondisi charging maupun discharging.

A. Pengujian Bidirectional Kondisi Charging

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan panel surya 100Wp dengan kondisi charging tanpa menggunakan beban pada sisi output. Pengukuran menggunakan AVO meter. Untuk hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel. 1 Pengujian Charging Bidirectional Converter Tanpa Beban

Waktu	Vin	Icharging	Iout	Vcharging	Vbaterai	Vout	Voc
10.29	18,4	0,59	0	13,2	12,6	12,8	21,27
11.29	20,3	0,2	0	13,4	12,9	12,8	21,27
12.29	19,8	0,1	0	13,4	12,9	12,8	20,2
13.29	19,8	0	0	13,4	13,1	12,8	20,3
14.29	20	0	0	13,4	13,1	12,8	20,1
15.59	19,2	0	0	13,4	13,1	12,8	19,8
16.49	13,5	0	0	11,55	13,1	12,8	19,0
17.48	0	0	0	8,94	13	12,5	0,02

Pada hasil pengujian saat Vin (Tegangan masukan) lebih dari 14,9V maka mode Buck (Charging) bekerja sehingga baterai akan charging dari 12,6V hingga mencapai 13,1V. Arus pengisian akan semakin kecil saat baterai mendekati batas nilai charging yang ditentukan. Sehingga saat baterai telah mencapai batas tegangan yaitu 13,1V maka arus pengisian akan menghentikan proses charging.

B. Pengujian Bidirectional Converter Kondisi Charging Berbeban

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan panel surya 100Wp dengan kondisi charging. Pada sisi output dipasangkan beban lampu 12VDC 12W. Pengukuran dilakukan menggunakan AVO Meter. Untuk hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel. 2.

Tabel 2. Pengujian Charging Bidirectional Converter Berbeban

Waktu	Vin	Icharging	Iout	Vcharging	Vbaterai	Vout	voc
11.37	18,4	2,0	0,76	13	11,8	11,6	19,2
12.36	19	0,53	0,83	13,43	12,83	12,7	19,7
13.36	19,3	0,1	0,8	13,5	13,1	12,6	19,8

Pada hasil pengujian terjadi penurunan tegangan pada Vcharging dan Vout. Hal ini dikarenakan arus charging yang cukup besar .Seiring bertambahnya tegangan pada baterai arus charging akan menurun sehingga mencapai atas tegangan yang ditentukan yaitu 13,1V.

C. Pengujian Bidirectional Converter Kondisi Discharging

Pengujian ini dilakukan menggunakan panel surya 100Wp dalam kondisi dicharging dipasangkan beban lampu12VDC 12W pada sisi output. Untuk pengukuran tegangan dan arus digunakan AVO Meter. Untuk hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Bidirectional Converter Kondisi Discharging

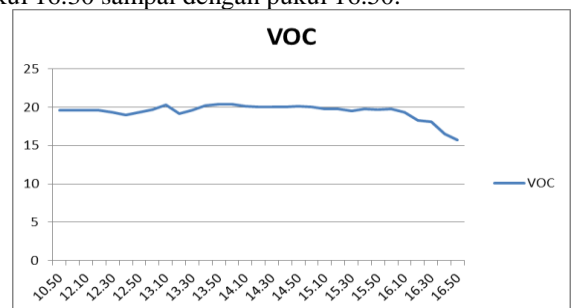
Waktu	Vin	Icharging	Iout	Vcharging	Vbaterai	Vout	Voc
14.49	15,5	0,76	0,82	13,4	13,1	12,5	20,1
15.59	14,9	0	0,83	12,8	12,8	12,0	19,8
16.49	13,5	0	0,85	11,55	11,85	12,2	19

Pada hasil pengujian tegangan masukan dibawah 15 v dan tidak mampu untuk memenuhi kebutuhan beban sehingga bidirectional converter bekerja dalam kondisi discharging. Energi pada baterai akan dilepas menuju beban sehingga tegangan pada baterai akan berkurang untuk menjaga kestabilan tegangan pada sisi output.

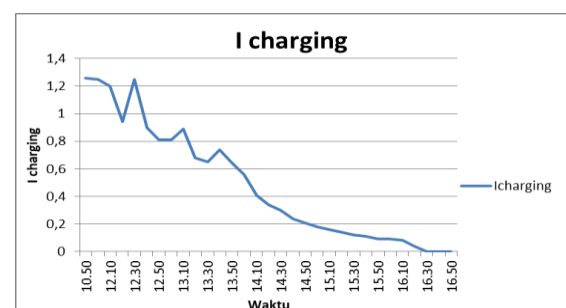
Waktu	Vin	Icharge	Iout	Vcharging	Vbaterai	Vout	Voc
10.50	14,6	1,26	0,2	12,5	11,7	11,8	19,6
12.00	14,5	1,25	0,2	12,6	11,9	12	19,6
12.10	14,6	1,2	0,24	12,7	12,2	12	19,6
12.20	14,5	0,94	0,25	12,5	12,2	12,1	19,6
12.30	14,8	1,25	0,25	12,7	12,3	12,2	19,3
12.40	14,6	0,9	0,25	12,8	12,5	12	19
12.50	14,4	0,81	0,24	12,8	12,5	12,1	19,3
13.00	14,6	0,81	0,26	12,8	12,6	12,3	19,7
13.10	14,9	0,89	0,27	13	12,6	12,5	20,3
13.20	14,6	0,68	0,26	13	12,7	12,4	19,2
13.30	14,8	0,65	0,27	13,1	12,7	12,3	19,6
13.40	15,3	0,74	0,31	13,5	12,7	12,9	20,2
13.50	16,6	0,64	0,33	13,9	12,7	13,2	20,4
14.00	17	0,56	0,32	13,9	12,8	13,2	20,4
14.10	17,2	0,41	0,32	14	12,8	13,3	20,1
14.20	17,4	0,34	0,33	14	12,8	13,2	20
14.30	17,5	0,3	0,32	14	12,8	13,3	20
14.40	17,4	0,24	0,32	14	12,8	13,3	20
14.50	17,5	0,21	0,32	14	12,8	13,3	20,1
15.00	17,5	0,18	0,32	14	12,9	13,3	20
15.10	17,5	0,16	0,32	14	12,9	13,3	19,8
15.20	17,4	0,14	0,32	14	12,9	13,3	19,8
15.30	17,1	0,12	0,31	14,1	13	13,3	19,5
15.40	16,5	0,11	0,32	14,1	13	13,3	19,8
15.50	17,1	0,09	0,32	14,1	13	13,3	19,7
16.00	17	0,09	0,32	14,1	13	13,3	19,8
16.10	15,5	0,08	0,32	14,1	13,1	13,3	19,3
16.20	14,1	0,04	0,25	13,2	13	12,3	18,3
16.30	13,6	0	0,22	12,5	12,6	11,9	18,1
16.40	13,3	0	0,22	12,5	12,6	11,8	16,5
16.50	12,3	0	0,21	11,3	12,4	11,7	15,7

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Keseluruhan Bidirectional Converter

Pada hasil pengujian terdapat jatuh tegangan pada pukul 10.50 dikarenakan arus charging yang besar yaitu sebesar 1,26A sehingga tegangan jatuh pada sisi Vin dari 19,6 menjadi 14,6V dan pada sisi Vout yang bernilai 11,6V. Arus charging akan semakin mengecil dan tegangan jatuh semakin mengecil seiring dengan bertambahnya tegangan pada baterai pada proses pengisian (Charging) sehingga nilai Vout naik menjadi 13,3V. Didapatkan tegangan maksimal baterai yaitu sebesar 13,1V pada pukul 16.10 dengan arus charging senilai 0,08A. Pada pukul 16.30 daya dari PV tidak mampu memenuhi kebutuhan beban dan untuk charging baterai sehingga baterai akan melepas energinya ke beban. Hal ini dibuktikan dengan berkurangnya tegangan pada baterai pada pukul 16.30 sampai dengan pukul 16.50.



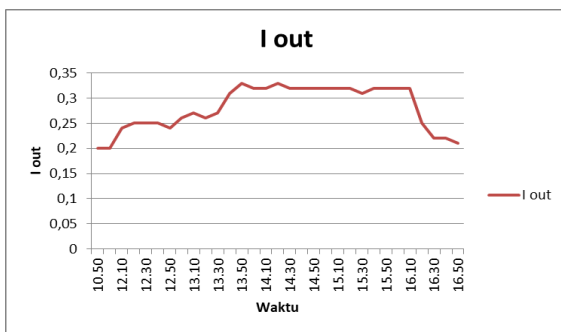
Gambar 7. Grafik VOC



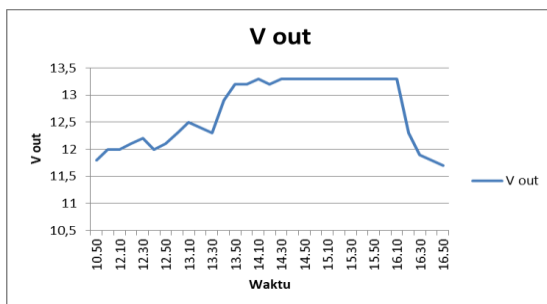
Gambar 8. Grafik Arus Charging

D. Hasil Pengujian Keseluruhan Bidirectional Converter

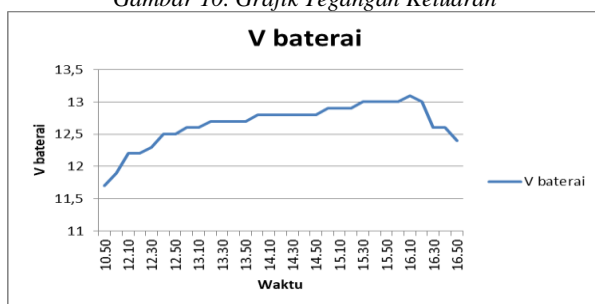
Pengujian ini dilakukan selama 6 jam dengan pengambilan data setiap 10 menit. Dipasangkan ampere meter pada sisi output dan sisi baterai. Untuk mengukur tegangan pada Vin, Baterai, dan Vout maka dipasangkan AVO meter. Dipasangkan beban lampu sebesar 3 Watt pada sisi output bidirectional converter.



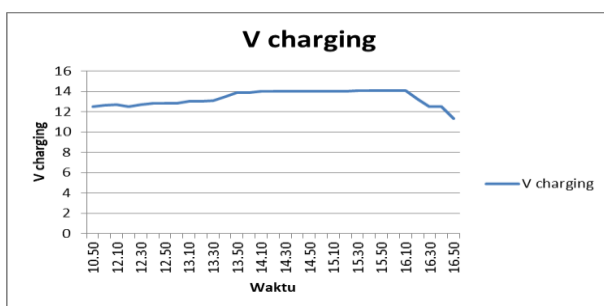
Gambar 9. Grafik Arus Beban



Gambar 10. Grafik Tegangan Keluaran



Gambar 11. Grafik Tegangan Baterai



Gambar 12. Grafik Tegangan Charging

IV. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Pada Bidirectional Converter yang telah dirancang dan digunakan sebagai konverter penyimpanan energi, pada saat tegangan PV lebih dari setting point yaitu 14,9V maka baterai mengalami pengisian dibuktikan dengan adanya kenaikan tegangan pada baterai. Pada saat baterai sudah terisi penuh mencapai tegangan 13,1V maka tidak ada arus charging dan daya dari PV akan langsung di salurkan ke beban. Disisi lain apabila tegangan PV lebih rendah dari 14,9V maka bidirectional converter akan bekerja dalam mode discharging. Hal ini dibuktikan dengan adanya penurunan tegangan pada baterai.

B. Saran

Dalam penelitian ini tidak lepas dari berbagai macam kekurangan dan kesalahan, maka dari itu agar sistem dapat menjadi lebih baik diperlukan pengembangan. Saran dari penulis antara lain sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan tegangan stabil untuk charging baterai, maka perlu ditambahkan sistem kontrol seperti fuzzy logic controller atau PID.
2. Dalam pemilihan komponen pada bidirectional converter yang baik seharusnya sesuai dengan perhitungan. Mulai dari pemilihan inductor, kapasitor mosfet

V. REFERENSI

- [1] Ramadhan, Anwar Ilmar, Ery Diniardi, Sony Hari Mukti. 2016. Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP. TEKNIK, 37(2), 60-63J.
- [2] Clerk Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68-73.
- [3] Hamzah, Amir, Hendri. 2016. Analisis dan Desain Bidirectional inverter 1500 Watt untuk Sistem Hybrid Energi Alternatif Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Energi Utilitas Pada Aplikasi Rumah Tangga. ,64-67.
- [4] IEEE. 2012. IEEE Recommended Practice for Utility Interface of Photovoltaic (PV) Systems. IEEE Standards Coordinating Committee 21 on Fuel Cells, Photovoltaics, Dispersed Generation, and Energy Storage. IEEE Std 929-2000.
- [5] Sulistomo, Pinandito, Iwan Setiawan, Mochammad Facta. 2018. Implementasi Pengendalian Sistem Pengisian/Pengosongan Baterai Pada Sistem Photovoltaic Stand Alone Menggunakan Bidirectional

- Converter Dengan Metode Proportional-Integral Berbasis Mikrokontroler DSPIC30F4011. *TRANSIENT*.7(4),833-837 Y. Yorozu, M. Hirano, K. Oka, and Y. Tagawa, "Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate interface," *IEEE Transl. J. Magn. Japan*, vol. 2, pp. 740-741, August 1987 [Digests 9th Annual Conf. Magnetics Japan, p. 301, 1982].
- [5] Raharja, Lucky Pradiga Setiya, dkk. 2019. Perancangan dan implementasi DC-DC Bidirectional Converter Dengan sumber energi listrik dari panel surya dan baterai untuk pemenuhan kebutuhan daya listrik beban. Kota Surabaya. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
- [6] Setyawan, Imam. 2019. Rancang Bangun Prototype Solcar Cell Buck Boost Converter Menggunakan Control Fuzzy Di Implementasikan Pada Aerator Tambak Udang
- [7] A.Srilatha, Fatimaazraand R.Venkatezwarlu, "fuzzy logic controlled bidirectional dc dc converter applied to dc drive", *International Journal of Electrical and Electronics Engineering Research (IJEEER)*, Vol. 4, Issue 6, 25-36. Dec 2014
- [8] Ganji Sai Kumar, G. Ramudu, D. Vijay Arun, "Analysis and Implementation of bidirectional DC to DC Converter by using Fuzzy logic Controller", *The*
- [13] Malvino.Barmawi. 1996. Prinsip-Prinsip Elektronika. Jilid 2. Edisi 3. Jakarta : Erlangga
- [14] Mohan,Ned. Tore M.Undeland. William P.Robins. 1995. *Power Electronics : Converters, Applications, and Design*. Second Edition. New York : John Wiley and Sons.
- [15] Mohan,Ned. Tore M.Undeland. William P.Robins. 1995. *Power Electronics : Converters, Applications, and Design*. Second Edition. New York : John Wiley and Sons.
- International Journal Of Engineering And Science (IJES), Volume 3, Issue 6, Pages 22-39, 2014.
- [9] Kaoutar Bendaoud, Salahddine Krit, Mustapha Kabrane, Hassan Ouadani, Mohamed Elaskri, Khaoula Karimi, Hicham Elbousty, Lahoucine Elmaimouni. Implementation of Fuzzy Logic Controller (FLC) for DC-DC Boost Converter Using Matlab/Simulink. *International Journal of Sensors and Sensor Networks. Special Issue: Smart Cities Using a Wireless Sensor Networks*. Vol. 5, No. 5-1, 2017, pp. 1-5
- [10] Prasetyono, Eka. 2015. Studi Komparasi Fungsi Keanggotaan Fuzzy Sebagai Kontroler Bidirectional Dc-Dc Converter Pada Sistem Penyimpan Energi. Kota Surabaya. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
- [11] Putri, Sheren Diusti Dwi. 2020. Rancang Bangun Buck-Boost Converter menggunakan Kendali PID. Kota Padang, Universitas Negeri Padang. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)* Volume 06 Number 02 2020
- [12] Mahardika,I Gusti Ngurah Agung,I Wayan Arta Wijaya, I Wayan Rinas.2016.Rancang Bangun Baterai Charge Control Untuk Sistem Pengangkat Air Berbasis Arduino Uno Memanfaatkan Sumber PLTS.*E-Journal SPEKTRUM*.3(1),26-32
- [16] Rahayu, Nancy. 2020. Desain dan Implementasi Bidirectional DC-DC Converter Untuk Penerangan Darurat. Kota Surabaya. Politeknik Negeri Elektronika Surabaya. *Jurnal ECOTIPE*, Vol. 7, No.2, Oktober 2020, Hal. 108-116
- [17] Fitriandi, Afrizal. 2016. Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler dengan SMS Gateway. Kota Bandar Lampung. Universitas Lampung. *ELECTRICIAN – Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*.