

Received: Oktober 2020

Accepted: November 2020

Published: April 2021

Desain dan Implementasi MPPT PSO pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Portable

Diah Septi Yanaratri^{1*}, Lucky Pradigta S.R², Indra Ferdiansyah³, Racma Prilian E⁴
^{1,2,3,4}Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

*diahsepti@pens.ac.id

Abstract

Indonesia is a large archipelago country with various characteristic areas. Based on a report from the Ministry of Energy and Mineral Resources, Indonesia's electrification ratio has reached 98.86%. Even though Indonesia's electrification ratio is close to 100%, it cannot be denied that there are still many remote areas that still do not have electricity supply. This can be caused by areas that are difficult to reach, thus hampering the construction of the electricity network. To meet electricity needs in remote areas and with not too many population, a Diesel Power Plant (PLTD) is usually built, but this type of plant requires fuel oil which of course also requires replenishment every certain time after the fuel runs out. To solve the above problems, a portable solar power plant (PLTS) is proposed which can be easily mobilized to facilitate delivery to remote areas. PLTS portable can also be used as an emergency power source in areas where electricity facilities have been cut off due to natural disasters. To adjust the output voltage of the solar panels, a single input multi output (SIMO) converter topology is proposed. This converter consists of a flyback converter that can increase and decrease the voltage and has isolation between the input and output sides. In addition, this converter also has several outputs so that it can supply two loads (battery and communication equipment) at the same time. To maximize the conversion of solar energy in this system, it is also proposed to use the MPPT control with the PSO method.

Keywords : SIMO, flyback converter, MPPT, PSO

Abstrak

Indonesia adalah negara kepulauan yang luas dengan karakteristik area yang beraneka ragam. Berdasarkan laporan dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, rasio elektrifikasi Indonesia telah mencapai 98,86%. Walaupun rasio elektrifikasi Indonesia sudah mendekati 100%, namun tidak dapat dipungkiri bahwa masih banyak area terpencil yang masih belum mendapat pasokan listrik. Hal ini dapat disebabkan karena area yang sulit dijangkau sehingga menghambat pembangunan jaringan listrik. Untuk memenuhi kebutuhan listrik di area terpencil dan dengan jumlah penduduk yang tidak terlalu banyak, biasanya dibangun suatu Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), akan tetapi pembangkit jenis ini membutuhkan bahan bakar minyak yang tentunya juga membutuhkan pengisian tiap waktu tertentu setelah bahan bakar habis. Untuk mengatasi permasalahan di atas, diusulkan suatu Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) portable yang dapat dengan mudah dimobilisasi sehingga mempermudah pengiriman ke area-area terpencil. PLTS portable juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber listrik darurat di area-area yang fasilitas kelistrikannya terputus karena bencana alam. Untuk mengatur tegangan kelauran dari panel surya, diusulkan topologi *single input multi output (SIMO) converter*. Konverter ini terdiri dari *flyback converter* yang dapat menaikkan dan menurunkan tegangan dan mempunyai isolasi antara sisi *input* dan *output*. Selain itu, converter ini juga mempunyai beberapa output sehingga dapat menyuplai dua beban (baterai dan alat komunikasi) dalam waktu bersamaan. Untuk memaksimalkan konversi energi surya pada sistem ini, diusulkan pula penggunaan kontrol MPPT dengan metode PSO.

Kata kunci : SIMO, flyback converter, MPPT, PSO

1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara kepulauan yang luas dengan karakteristik area yang beraneka ragam. Berdasarkan laporan dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, rasio elektrifikasi Indonesia telah mencapai 98,86% per Agustus 2019. Walaupun rasio elektrifikasi Indonesia sudah mendekati 100%, namun tidak dapat dipungkiri bahwa masih banyak area terpencil yang masih belum mendapat pasokan listrik. Hal ini dapat disebabkan karena area yang sulit dijangkau sehingga menghambat pembangunan jaringan listrik. Area-area yang sulit dijangkau ini misalnya area pegunungan yang belum mempunyai akses jalan yang baik, maupun pulau-pulau kecil terpencil yang harus dicapai dengan kapal selama berjam-jam.

Untuk memenuhi kebutuhan listrik di area terpencil dan dengan jumlah penduduk yang tidak terlalu banyak, biasanya dibangun suatu Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), akan tetapi pembangkit jenis ini membutuhkan bahan bakar minyak yang tentunya juga membutuhkan pengisian tiap waktu tertentu setelah bahan bakar habis. Pengisian bahan bakar ini sering kali tertunda sehingga menyebabkan pasokan listrik terganggu. Selain itu PLTD adalah pembangkit yang tidak ramah lingkungan karena menimbulkan polusi udara dan polusi suara. PLTD terutama sangat tidak disarankan untuk dipasang di area pemukiman terpencil yang juga merupakan area suaka alam seperti area pemukiman suku Dayak di Kalimantan, ataupun di perkampungan suku Bajo di Sulawesi karena dikhawatirkan dapat menyebabkan limbah

Untuk mengatasi permasalahan di atas, diusulkan suatu Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) portable yang dapat dengan mudah dimobilisasi sehingga mempermudah pengiriman ke area-area terpencil. PLTS portable juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber listrik darurat di area-area yang fasilitas kelistrikannya terputus karena bencana alam.

Listrik keluaran dari panel surya harus diatur menggunakan DC-DC converter agar dapat dimanfaatkan baik secara langsung maupun untuk disimpan di baterai.

Berbagai topologi converter banyak digunakan untuk mengatur tegangan panel surya agar konstan. Antara lain adalah *boost converter* dan *buck converter*, namun kedua converter tersebut hanya dapat menaikkan dan menurunkan tegangan saja sedangkan tegangan keluaran dari panel surya bisa saja lebih besar atau lebih kecil dari tegangan yang dibutuhkan. Topologi yang lain adalah *buck-boost converter*, converter ini dapat menaikkan dan menurunkan tegangan namun hanya memiliki satu output sehingga tidak bisa langsung digunakan untuk beberapa beban dalam waktu bersamaan.

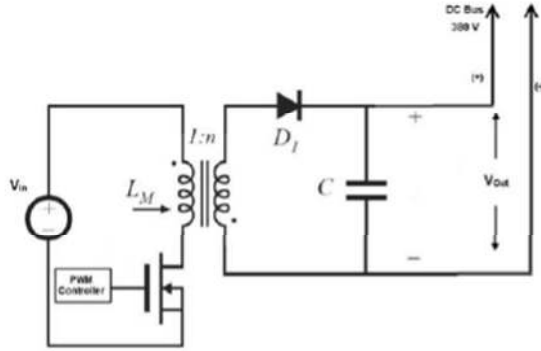
Berdasarkan permasalahan yang telah dijabarkan, maka diusulkan topologi *single input multi output (SIMO) converter*. Konverter ini terdiri dari *flyback converter* yang dapat menaikkan dan menurunkan tegangan dan mempunyai isolasi antara sisi *input* dan *output*. Selain itu, converter ini juga mempunyai beberapa output sehingga dapat menyuplai dua beban (baterai dan alat komunikasi) dalam waktu bersamaan. Untuk memaksimalkan konversi energi surya pada sistem ini, diusulkan pula penggunaan kontrol MPPT dengan metode PSO.

2. Metoda Penelitian

2.1. Flyback Converter

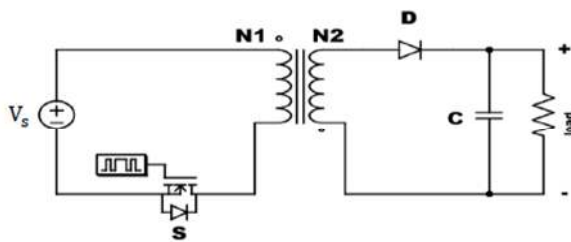
Flyback converter merupakan salah satu jenis konverter daya tipe *isolated*. Konverter ini memiliki karakteristik seperti *buck-boost converter*, yaitu dapat menaikkan dan menurunkan tegangan. *Flyback converter* menggunakan trafo sebagai salah satu komponennya, selain sebagai pengatur tegangan, trafo tersebut juga berfungsi sebagai pemisah antara sisi primer dan sekunder trafo (*input* dan *output*) converter sehingga menghindari adanya hubung singkat. Kelebihan lain dari konverter ini adalah dapat mempunyai beberapa output sehingga dapat

digunakan sebagai suplai beberapa beban dalam waktu yang sama. Gambar 1 menunjukkan topologi *flyback converter* yang merupakan pengembangan dari *buck-boost converter*.



Gambar 1. Topologi *Flyback Converter*

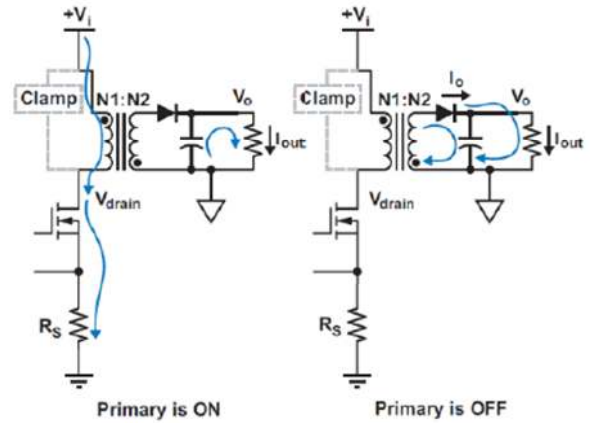
Dari topologi yang ditunjukkan pada gambar 1 dapat dilihat *Flyback converter* terdiri dari sebuah trafo yang mempunyai induksi magnetisasi (L_m), komponen *switching* yang terhubung ke sisi *ground*, sebuah dioda (D_1) dan kapasitor (C). Trafo pada konverter ini tidak bekerja seperti trafo ideal pada umumnya karena arus tidak dapat mengalir ke sisi sekunder, hal ini disebabkan oleh perbedaan polaritas pada masing-masing sisi lilitan trafo seperti ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian *Flyback Converter*

Ada dua tahap kerja pada *flyback converter*. Tahap pertama adalah ketika *switch* pada posisi *on*. Energi dari sumber V_s disimpan pada sisi primer trafo dan energi di sisi input hanya berasal dari kapasitor *output*. Saat energi di sisi primer trafo sudah penuh, maka *switch* akan *off*. Tahap selanjutnya, ketika *switch off*, maka akan terjadi transfer energi dari sisi primer ke sisi sekunder trafo. Pada saat ini, dioda akan bersifat *forward bias*

karena sisi trafo dengan tanda titik bersifat lebih negatif dari pada sisi trafo tanpa tanda titik. Kedua tahap ini ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Tahap operasional *flyback converter*

Pada tahap *switch on* tegangan pada lilitan primer trafo dapat diketahui dari persamaan (1)

$$V_1 = V_s + L_m \frac{di_{L_m}}{dt} \quad (1)$$

$$\frac{di_{L_m}}{dt} = \frac{\Delta i_{L_m}}{\Delta t} = \frac{\Delta i_{L_m}}{DT} = \frac{V_s}{L_m} \quad (2)$$

Keterangan:

V_1 = Tegangan primer (Volt)

V_s = Tegangan input (Volt)

L_m = Nilai induktansi trafo (H)

Δi_{L_m} = Selisih Nilai Arus pada Induktor (Ampere)

I_{L_m} = Arus pada Induktor (Ampere)

D = Duty Cycle (%)

Sedangkan perubahan arus magnetisasi induktor ditunjukkan oleh persamaan (3)

$$(\Delta i_{L_m})_{\text{closed}} = \frac{V_s DT}{L_m} \quad (3)$$

dengan T adalah periode dalam sekon.

Sedangkan besar tegangan sisi sekunder (V_2) ditunjukkan oleh persamaan (4)

$$V_2 = V_1 \left(\frac{N_2}{N_1} \right) = V_s \left(\frac{N_2}{N_1} \right) \quad (4)$$

$$V_D = -V_o - V_s \left(\frac{N_2}{N_1} \right) < 0$$

dengan N_1 dan N_2 masing-masing adalah lilitan primer dan lilitan sekunder.

Karena dioda pada posisi *reverse*, maka $I_o = 0$. Pada tahap kedua atau saat *switch* pada posisi *off*, arus I_{Lm} mengalir pada lilitan sekunder dari sisi tanpa tanda titik menuju sisi dengan tanda titik dan dioda akan menjadi *forward bias*. Nilai tegangan di sisi primer pada tahap ini:

$$V_1 = -V_o \left(\frac{N_2}{N_1} \right) \quad (5)$$

dengan V_o adalah tegangan *output*.

Nilai tegangan di sisi sekunder:

$$\begin{aligned} V_1 &= -V_o \\ V_1 &= V_1 \left(\frac{N_2}{N_1} \right) = -V_o \left(\frac{N_2}{N_1} \right) \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} L_m \frac{di_{Lm}}{dt} &= V_1 = -V_o \left(\frac{N_2}{N_1} \right) \\ \frac{di_{Lm}}{dt} &= \frac{\Delta i_{Lm}}{\Delta t} = \frac{\Delta i_{Lm}}{(1-D)T} = \frac{-V_o}{L_m} \left(\frac{N_1}{N_2} \right) \end{aligned} \quad (7)$$

Perubahan arus magnetisasi adalah:

$$(\Delta i_{Lm})_{open} = \frac{-V_o (1-D)T}{L_m} \left(\frac{N_1}{N_2} \right) \quad (8)$$

Karena perubahan arus magnetisasi di salah satu tahap adalah 0, maka

$$\begin{aligned} (\Delta i_{Lm})_{open} + (\Delta i_{Lm})_{closed} &= 0 \\ \frac{V_s DT}{L_m} - \frac{V_o (1-D)T}{L_m} \left(\frac{N_1}{N_2} \right) &= 0 \end{aligned} \quad (9)$$

Sehingga,

$$V_o = V_s \left(\frac{D}{1-D} \right) \left(\frac{N_1}{N_2} \right) \quad (10)$$

Pada kondisi ideal, daya yang diserap beban (P_o) harus sama dengan daya yang disuplai sumber (P_s), sehingga:

$$\begin{aligned} P_s &= P_o \\ V_s I_s &= \left(\frac{V_o^2}{R} \right) \end{aligned} \quad (11)$$

Nilai rata-rata arus sumber I_s dipengaruhi oleh nilai rata-rata arus magnetisasi induktor I_{Lm} , sehingga:

$$I_s = \frac{I_{Lm} DT}{T} = I_{Lm} D \quad (12)$$

Substitusi persamaan (9) dan (10) maka didapatkan:

$$\begin{aligned} V_s I_{Lm} D &= \frac{V_o^2}{R} \\ I_{Lm} &= \frac{V_o^2}{V_s DR} \end{aligned} \quad (13)$$

Menggunakan persamaan (11) untuk nilai V_s , maka nilai I_{Lm} :

$$I_{Lm} = \frac{V_s D}{(1-D)^2 R} \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2 - \frac{V_o}{(1-D)R} \left(\frac{N_2}{N_1} \right) \quad (14)$$

$$\begin{aligned} I_{Lm \max} &= I_{Lm} + \frac{\Delta i_{Lm}}{2} \\ &= \frac{V_s D}{(1-D)^2 R} \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2 + \frac{V_s DT}{2L_m} \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} I_{Lm \min} &= I_{Lm} - \frac{\Delta i_{Lm}}{2} \\ &= \frac{V_s D}{(1-D)^2 R} \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2 - \frac{V_s DT}{2L_m} \end{aligned} \quad (16)$$

Pengoperasian *flyback converter* dengan metode CCM memerlukan kondisi $I_{Lm \min} > 0$. Pada kondisi antara DCM dan CCM, maka:

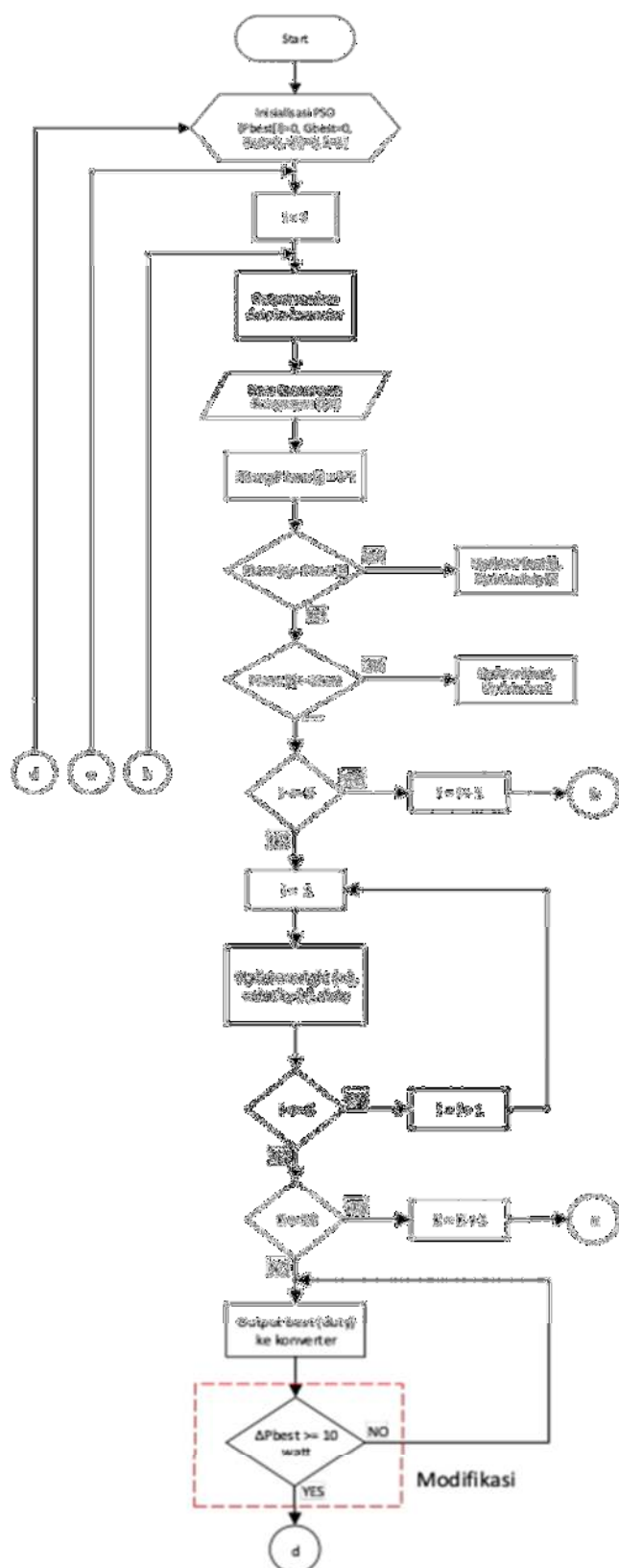
$$\frac{V_s D}{(1-D)^2 R} \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2 = \frac{V_s DT}{2L_m} = \frac{V_s D}{2L_m f} \quad (17)$$

Jika f adalah frekuensi *switching* pada induktansi minimum, maka:

$$L_m = \frac{V_s DT}{\Delta i_{Lm}} = \frac{V_s D}{2L_m f} \quad (18)$$

2.2. Particle Swarm Optimalization

Particle Swarm Optimation (PSO) adalah suatu metode optimasi yang diadaptasi dari kebiasaan kawanan hewan dalam mencari makanan. Metode ini cocok digunakan pada sistem dengan *input* yang berubah-ubah namun menginginkan efisiensi maksimal. MPPT PSO sangat cocok diaplikasikan pada sistem pembangkit tenaga surya. Flowchart MPPT PSO ditunjukkan oleh gambar 4.



Gambar 4. *Flowchart* MPPT PSO

Tahap implementasi metode PSO adalah sebagai berikut :

Tahap 1 – Menyeleksi Parameter Pada PSO, posisi partikel didefinisikan sebagai nilai *duty cycle* (D) dari DC-DC konverter dan nilai *fitness* didefinisikan sebagai daya keluaran Panel surya (PPV) yang dihasilkan.

Tahap 2 – Inisialisasi Metode PSO Pada tahap ini, *duty* dapat ditempatkan pada posisi tetap atau acak.

Tahap 3 – Evaluasi Fitness

Tujuan dari MPPT yaitu dapat memaksimalkan tenaga yang dihasilkan sel surya. PWM ditembakkan ke DC-DC konverter sesuai dengan posisi *duty* (i) yang telah ditentukan.

Tahap 4 – Proses Update Pbest dan Gbest

Jika nilai daya untuk duty (i) lebih baik dari pada daya terbaik dalam data *duty* (i) sebelumnya, maka set nilai sekarang sebagai nilai Pbest (i) yang baru.

Langkah 5 – Update Kecepatan dan Posisi Setiap *Duty Cycle* Setelah semua duty dievaluasi, kecepatan dan posisi duty pada suatu kawanan harus diperbarui.

Pada metode PSO standar, pembaruan dilakukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$x_i(K+1) = x_i(K) + v_i(K+1)$$

(19)

$$v_i(K+1) = w.v_i(K) + c1r1(P_{best\ i} - x_i(k)) + c2r2(x_{best\ i} - x_i(k)) \quad (20)$$

$$w_i(k) = \frac{|G_{best} - x_i(k)|}{V_{ocr}} \quad (21)$$

$$c1_i = 0,5 * c2 / a_i \quad (22)$$

$$a_i = b_i + 1, \quad (23)$$

$$b_i = \frac{|G_{best\ i} - x_{lbi}|}{V_{pp}} \quad (24)$$

Jika pembobotan dan koefisien dimasukkan ke persamaan (20), maka

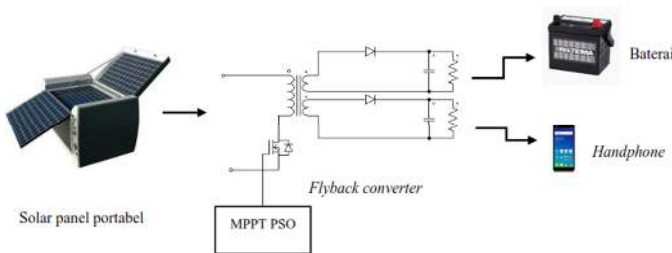
$$v_i(K+1) = |G_{best\ i} - x_i(K)| * \frac{v_i(K)}{V_{ocr}} + \left\{ 0.5 * \frac{c2}{1 + G_{best\ i} - x_{lbi}} \right\} r1 * (x_{lbi} - x_i(K)) + c2r2(G_{best\ i} - x_i(k)) \quad (25)$$

$$V_{pp} = 0,65 * \frac{V_{ocr}}{\eta * \eta_b} \quad (26)$$

17.8	1.67	29.726
17.39	2.27	39.4753
17.19	2.96	50.8824
17	3.36	57.12
16.68	3.82	63.7176
16.44	4.78	78.5832
15.77	5.69	89.7313
14.75	7	103.25
14.07	8	112.56
13.61	9	122.49
13.16	9.98	131.3368
10.63	10.85	115.3355
0.383	11.37	4.35471

3. Hasil Penelitian

Pada sistem yang diusulkan pengujian dilakukan yang pertama yaitu uji karakteristik panel surya, uji tegangan keluaran converter dan yang terakhir pengujian MPPT PSO sebagai optimasi keluaran dari panel surya. Berikut gambaran sistem yang akan diuji:



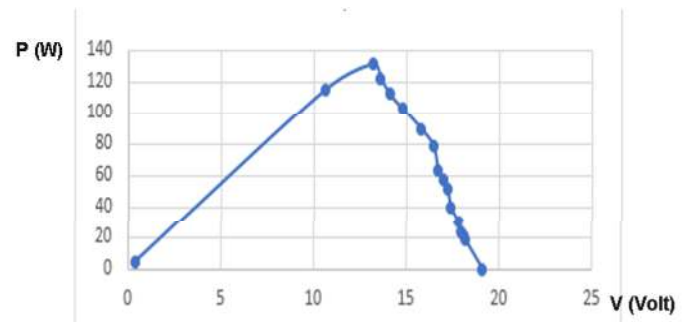
Gambar 5. Gambar diagram alir sistem yang diusulkan

Pengujian solar panel portable 200 WP bertujuan agar diperoleh karakteristik dari solar panel yang mana hasil dari pengujian karakteristik solar panel ini akan digunakan sebagai referensi untuk menentukan desain konverter. Untuk membantu pengambilan data agar lebih mudah dan cepat juga dilakukan dengan recording data menggunakan Telemetry Viewer. Hasil dari pengujian karakteristik solar panel terangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Pengujian Karakteristik Panel Surya

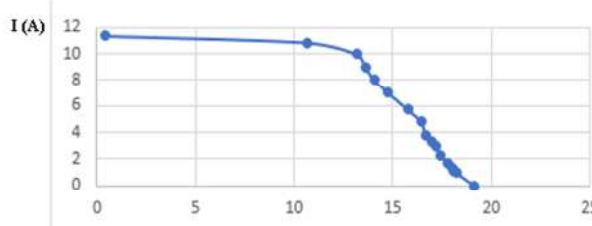
Irradiance 876 Watt/m ²		
V _{PV} (V)	I _{PV} (A)	P _{PV} (Watt)
19.11	0	0
18.21	0.98	17.8458
18.1	1.14	20.634
18	1.3	23.4

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa terdapat perubahan nilai tegangan terhadap kenaikan nilai arus yang dipengaruhi oleh perubahan nilai resistansi dari resistansi terbesar hingga bernilai nol.



Gambar 6. Karakteristik Daya (P) Terhadap Tegangan (V)

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa grafik daya terhadap sample data yang didapatkan dari pengujian menunjukkan hanya ada satu puncak daya optimum. Semakin besar iradiasi matahari, maka daya yang didapatkan juga semakin besar. Dari pengambilan beberapa nilai iradiasi matahari, jumlah puncak daya optimum tetap ada satu puncak.



Gambar 7. Karakteristik Tegangan (V) Terhadap Arus (A)

Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa grafik tegangan terhadap arus sample data yang didapatkan dari pengujian menunjukkan bahwa nilai tegangan berbanding dengan nilai arus.

Selanjutnya adalah pengujian flyback converter, dalam hal ini converter yang diusulkan diuji menggunakan mode buck, dikarenakan hasil pengujian karakteristik dari solar panel rerata tegangan yang dikeluarkan diatas 15 volt, sedangkan nantinya tegangan yang akan digunakan adalah 5 volt untuk charging Hp dan 13.7 volt untuk charging aki atau input 12 volt sebagai input inverter. Untuk menguji sistem converter untuk suplai kebutuhan beban charging HP dilakukan pada *duty cycle* 20% untuk menguji apakah *flyback* dapat menghasilkan tegangan pada *critical condition*. Detail hasil pengujiannya ditampilkan pada tabel 2:

Tabel 2. Hasil pengujian flback converter sebagai mode buck pada duty cycle 20%

D = 20%					
D(%)	Vin(V)	Iin(A)	Vout(V)	Iout(A)	Vout-teori(V)
20	5	0.26	1	0.625	1
20	10	0.52	2.01	1.25625	2
20	15	0.78	3.017	1.885625	3
20	20	1.04	4.023	2.514375	4
20	25	1.3	5.02	3.1375	5
20	30	1.56	6.03	3.76875	6
20	35	1.81	7.04	4.4	7
20	40	2.08	8.04	5.025	8

D = 20%

D(%)	Vin(V)	Iin(A)	Vout(V)	Iout(A)	Vout-teori(V)
20	44	2.28	8.85	5.53125	8.8

Untuk menguji sistem converter untuk suplai kebutuhan beban Aki dan/atau inverter dilakukan pada *duty cycle* sesuai perhitungan pada perencanaan yaitu 50%, detail hasil pengujiannya ditampilkan pada table 3:

Tabel 3. Hasil pengujian flback converter sebagai mode buck pada duty cycle 50%

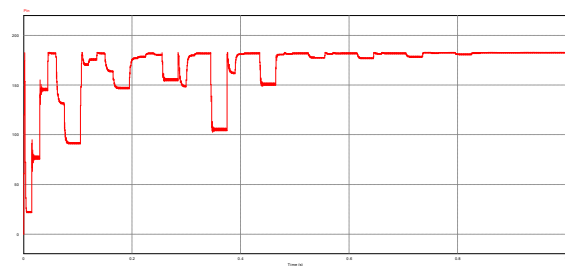
D = 50%					
D(%)	Vin(V)	Iin(A)	Vout(V)	Iout(A)	Vout-teori(V)
50	5	1.367	2.62	1.6375	2.5
50	10	2.73	5.04	3.15	5
50	15	4.1	7.5	4.6875	7.5
50	20	5.47	10.09	6.30625	10
50	25	6.837	12.6	7.875	12.5
50	30	8.2	15.14	9.4625	15
50	35	9.57	17.66	11.0375	17.5
50	40	10.9	20.19	12.61875	20
50	44	12.03	22.21	13.88125	22

Pengujian selanjutnya yaitu respon sistem dari algoritma PSO, dimana pengujian ini bertujuan untuk melihat karakteristik Algoritma Particle Swarm Optimization yang digunakan sebagai MPPT. Algoritma ini akan mengatur duty pada konverter dan melakukan learning pada setiap perubahan irradiasi untuk mendapatkan duty yang sesuai. Detail hasil pengujian MPPT PSO pada saat beban charging HP ditunjukkan pada tabel 4 dan hasil pengujian MPPT PSO pada saat beban inverter ditunjukkan pada tabel 5:

Tabel 4. Respon MPPT PSO pada saat bebann converter charging HP

PSO MPPT Algorithm					
Irr (W/m ²)	V _{pv} (V)	I _{pv} (A)	P _{pv} (Watt)	P _m (Watt)	Eff (%)
100	30,82	0,625	18,97	19,2	98,80208
200	30,557	1,24	37,97	39,76	95,49799
300	32,955	1,647	54,212	60,5	89,60661
400	31,05	2,429	75,451	81,185	92,93712
500	31,2	3,01	94,011	101,7	92,43953
600	31,211	3,6	112,4	121,98	92,14625
700	31,18	4,183	130,435	141,98	91,86857
800	31,118	4,763	148,226	161,67	91,6843
900	31,05	5,33	165,7	181,02	91,53685
1000	30,98	5,9	182,84	200	91,42

Pada Tabel 4. diatas yang menunjukkan hasil pengujian yang diperoleh dari menggunakan *Particle Swarm Optimization* sebagai metode optimasi untuk mendapatkan nilai paling maksimum PV dalam mensuplai beban charging baterai HP. Dalam kondisi irradiansi terbesar efisiensi daya yang didapatkan dengan menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* mampu menghasilkan daya sebesar 182,84 Watt terhadap daya maksimum PV sebesar 200 Watt adalah 91,42%. Pengujian dilanjutkan dengan tujuan untuk mengetahui lama waktu yang dibutuhkan PSO sebagai metode MPPT untuk mendapatkan daya maksimum dari PV. Gambar 8. dibawah merupakan grafik tracking process yang dibutuhkan oleh metode PSO.

Gambar 8. Pengujian dengan menggunakan Metode *Particle Swarm Optimization (PSO)* sebagai MPPT pada beban charging baterai HP.

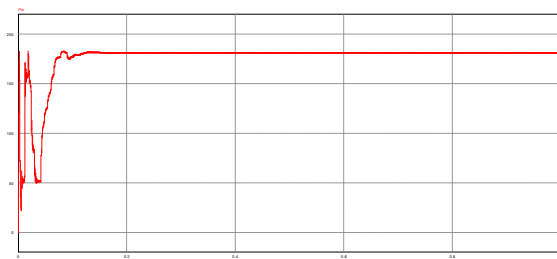
Gambar 8. diatas menunjukkan bahwa penggunaan algoritma PSO sebagai MPPT membutuhkan waktu selama 0.4s untuk mendapatkan daya maksimum. Pada metode *Particle Swarm Optimization* dalam mengolah data pada pencarian awal dapat dikatakan cepat. namun, akan semakin lama akan semakin melambat prosesnya dikarenakan prinsip kerja dari metode ini dengan memberikan posisi awal setiap partikel dengan acak dan kemudian setiap akan bergerak atau memperbarui posisi dan mendapatkan nilai yang paling optimal. Lama waktu tracking yang diperoleh disebabkan oleh pembaruan posisi yang terjadi pada setiap perubahan waktu.

Tabel 5. Respon MPPT PSO pada saat beban inverter

PSO MPPT Algorithm					
Irr (W/m ²)	V _{pv} (V)	I _{pv} (A)	P _{pv} (Watt)	P _m (Watt)	Eff (%)
100	33,22	0,45	14,97	19,2	77,96875
200	35,994	0,489	17,5	39,76	44,01408
300	35,35	1,17	41,394	60,5	68,41983
400	33,16	2,18	72,39	81,185	89,16672
500	31,2	3,01	94	101,7	92,42871
600	31,25	3,59	112,35	121,98	92,10526
700	31,22	4,17	130,22	141,98	91,71714

PSO MPPT Algorithm					
Irr (W/m ²)	V _{pv} (V)	I _{pv} (A)	P _{pv} (Watt)	P _m (Watt)	Eff (%)
800	31,17	4,755	148,22	161,67	91,68058
900	31,05	5,3	165,7	181,02	91,53685
1000	32,09	5,64	181,09	200	90,545

Pada Tabel 5 yang menunjukkan hasil pengujian yang diperoleh dari menggunakan *Particle Swarm Optimization* sebagai metode optimasi untuk mendapatkan nilai paling maksimum PV dalam mensuplai beban inverter. Dalam kondisi irradiansi terbesar efisiensi daya yang didapatkan dengan menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* mampu menghasilkan daya sebesar 181,09 Watt, dengan begitu efisiensi daya yang dihasilkan dengan menggunakan metode MPPT lainnya terhadap daya maksimum PV sebesar 200 Watt adalah 90,4%..



Gambar 9. Pengujian dengan menggunakan Metode *Particle Swarm Optimization (PSO)* sebagai MPPT pada bebabn inverter.

Gambar 9 menunjukkan bahwa penggunaan algoritma MPPT dengan menggunakan metode PSO pada suplai beban inverter membutuhkan waktu selama 0.1s untuk mendapatkan daya maksimum.

4. Kesimpulan

Penggunaan MPPT dengan menggunakan metode PSO mampu mendapatkan daya sebesar 181 Watt dan efisiensi yang besar

yaitu 91,42% dengan tracking time selama 0,8s. Pada kondisi nilai irradiansi yang berubah ubah, MPPT dengan menggunakan metode PSO tetap dapat memberikan efisiensi yang tinggi yaitu diatas 90%, serta Penggunaan metode PSO memiliki bentuk gelombang tegangan, arus dan daya yang konstan pada titik daya maksimum.

5. Saran

Pada pembuatan inductor nilai factor Q yang baik akan mempengaruhi kualitas converter. Sehingga dalam pembuatan inductor diharapkan teliti dan berhati hati agar bias mendapatkan nilai Q inductor yang baik. Serta dalam pengambilan data untuk panel surya perlu memperhatikan kondisi lingkungan, dikarenakan panas dan bayangan lingkungan sekitar mampu memperngaruhi performa.

6. Daftar Pustaka

- [1] V. and H. J. Bergveld, "Battery Management Systems: An Accurate State-of-Charge Indication for Battery-Powered Applications.", Eindhoven: Springer, 2008
- [2] GurkanTosun, Omer CihanKivanc, Ender Oguz, Ozgur Ustun, and R.NejatTuncay, 2015."Development Of High Efficiency Multi OutputFlyback Converter For Industrial Applications",Mekatro Mechatronic Systems R&D Company, ITU ARI-2 Teknokent, Istanbul Technical University, Okan University, SMS-TORK Company, Istanbul, Turkey.IEEE 2015 9th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO).
- [3] C. Mullett and F. Cathell, 2009. "Improving the Regulation of Multi-Ouput Flyback Converters", ON Semiconductor, 732 Montclair Drive, Santa Paula and 7402 W. Detroit St., Suite 140, Chandler. IEEE 2009 Twenty-Fourth Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition.

- [4] Maxim. "Battery Management And DC-DC Converter Circuit Collection". U. K: Maxim Integrated Products (U.K), Ltd. 1994.
- [5] Ashraf A. Mohammed and Samah M. Nafie, 2015. "Flyback Converter Design For Low Power Application", Sudanese Electricity Distribution Company, Khartoum, Sudan. IEEE.
- [6] Nasir Coruh SatilmisUrgun, and Tarik Erfidan, 2010, "Design And Implementation Of Flyback Converter", Kocaeli University, Kocaeli, Turkey. IEEE Journal 5th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications.
- [7] Mochamad Abdul Mughis, Indhana Sudiharto, Indra Ferdiansyah, and DiahSeptiYanaratri, 2018. "Design and Implementation of Partial M-Type Zero Voltage Resonant Circuit Interleaved Bidirectional DC – DC Converter (Energy Storage and Load Sharing", Department Electrical Engineering, Politeknik.Elektronika Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia. IEEE 2018 International Electronics Symposium on Engineering Technology and Applications (IES-ETA).
- [8] D. W. Hart. "Power Electronic", New York: McGraw - Hill Companies, Inc, 2002.
- [9] Muhammad H. Rashid. "Power Electronics SECOND Edition", Englewood Cliff, New Jersey2. 2007.