

Desain *Buckboost Converter* Dengan *MPPT P&O* Untuk Mendapatkan Daya Optimal Akibat Perubahan Arus Dan Tegangan

Safirda Hanif Istonirsya^{1*}, Denda Dewatama², Yulianto³

^{1*,2,3} Politeknik Negeri Malang

*Email: Safirda Hanif Istonirsya

Abstract

The Buckboost converter is a DC-DC converter topology that is capable of converting the input DC voltage to a higher or lower output DC voltage. In this study, a test method was carried out to compare the performance of the MPPT Solar Charger Controller with the MPPT P&O Buckboost Converter System that was designed by yourself. Buckboost converter functions to control the output of solar panels and obtain optimal power due to changes in current and voltage. Therefore, the buckboost converter requires a method to detect the Maximum Power Point Tracker (MPPT) value. The algorithm used to find MPPT values is Perturb and Observe (P&O). This test is carried out by implementing both systems as battery chargers, so that the total energy that can be stored by the battery can be determined. Sampling was carried out every 15 minutes, from 09.15 WIB to 12.15 WIB, with a total of 26 samples tested. System test results show that self-designed buckboost converter with MPPT P&O has 1.03% more accurate performance than factory MPPT instruments. Meanwhile, the self-designed buckboost converter efficiency has a value of $\pm 69\%$.

Keywords: MPPT, P&O, buckboost converter, optimal power, solar panel

Abstrak

Buckboost converter adalah salah satu topologi *DC-DC converter* yang mampu mengonversi tegangan *DC input* ke tegangan *DC output* yang lebih tinggi atau lebih rendah. Pada penelitian ini, metode pengujian dilakukan untuk membandingkan kinerja antara instrumen *MPPT Solar Charger Controller* Pabrik dengan Sistem *MPPT P&O Buckboost Converter* yang dirancang sendiri. *Buckboost converter* berfungsi untuk mengendalikan keluaran dari panel surya dan mendapatkan daya optimal akibat perubahan arus dan tegangan. Maka dari itu, pada *buckboost converter* diperlukan suatu metode untuk mendeteksi nilai *Maximum Power Point Tracker (MPPT)*. Algoritma yang digunakan untuk mencari nilai *MPPT* adalah *Perturb and Observe (P&O)*. Pengujian ini dilakukan dengan mengimplementasikan kedua sistem tersebut sebagai pengeras aki, sehingga dapat diketahui total energi yang dapat disimpan oleh aki. Pengambilan sampel dilakukan setiap 15 menit sekali, mulai pukul 09.15 WIB sampai 12.15 WIB, dengan total pengujian berjumlah 26 sampel. Hasil pengujian sistem menunjukkan bahwa *buckboost converter* dengan *MPPT P&O* yang dirancang sendiri memiliki kinerja 1,03% lebih akurat daripada instrumen *MPPT* pabrik. Sedangkan, efisiensi *buckboost converter* yang dirancang sendiri memiliki nilai sebesar $\pm 69\%$.

Kata kunci: MPPT, P&O, buckboost converter, daya optimal, panel surya

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi dalam bidang elektronika telah mampu menghasilkan sistem penyedia daya tegangan searah yang dihasilkan melalui konversi tegangan *DC input* ke tegangan *DC output* yang lebih tinggi atau lebih rendah. Konversi tegangan *DC* ini disebut sebagai *DC-DC converter* [1]. Contoh penggunaan *DC-DC converter* dalam aplikasi sumber energi terbarukan yaitu pada panel surya [2]–[4]. Hal ini dikarenakan daya yang dihasilkan oleh panel surya dipengaruhi oleh intensitas cahaya, suhu, dan faktor geografi, sehingga tegangan keluaran yang dihasilkan menjadi tidak menentu [5]–[7]. Maka dari itu, panel surya membutuhkan alat untuk menaikkan atau menurunkan tegangannya [7]–[9]. Pada penelitian ini, topologi *DC-DC converter* yang digunakan adalah *buckboost converter*. Topologi ini memiliki kelebihan yaitu tegangan keluarannya dapat bernilai lebih besar ataupun lebih kecil daripada tegangan masukannya, sehingga tegangan keluarannya dapat diatur sesuai kebutuhan [10].

Selanjutnya, untuk mendapatkan daya optimal dari panel surya akibat perubahan arus dan tegangan, maka pada *buckboost converter* diperlukan suatu sistem untuk mendeteksi titik optimum daya atau *Maximum Power Point Tracker (MPPT)* [6], [11]. *MPPT* dipilih karena memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibanding dengan metode lain dan mampu menampung kapasitas sistem solar yang lebih besar [12]. Salah satu metode untuk mencari nilai *MPPT* adalah *Perturb and Observe (P&O)* [3], [6]. *P&O* merupakan algoritma yang mengendalikan daya keluaran dari sumber dengan mengubah nilai *duty cycle* [13]. *Duty cycle* tersebut akan menghasilkan *PWM* sebagai keluaran mikrokontroler, kemudian dialirkan ke *converter* untuk dinaikkan-turunkan tegangannya.

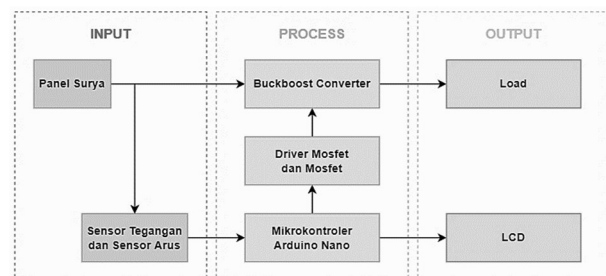
Prinsip kerja *P&O* ada dua, yaitu berdasarkan pada teknik gangguan (*perturbation*) dengan mengubah nilai tegangan referensi (V_{ref}) melalui *duty cycle* dan pengamatan (*observation*) yaitu

menghitung perubahan daya keluaran dari sumber [14]–[16]. Algoritma *P&O* memiliki kelebihan yaitu mampu menghasilkan tegangan dan arus yang tinggi untuk menghasilkan daya yang besar, serta memiliki kemampuan untuk dapat dengan cepat melakukan pelacakan titik daya maksimum karena selalu dilakukan penghitungan jika terjadi perubahan daya [17], [18].

2. Metode Penelitian

2.1. Diagram Blok

Berikut ini merupakan diagram blok pada sistem:



Gambar 1. Diagram Blok

Berdasarkan Gambar 1, panel surya digunakan sebagai catu daya untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Nilai daya yang dikeluarkan panel surya akan dideteksi oleh sensor tegangan dan arus. Selanjutnya, nilai tersebut dikirim ke mikrokontroler Arduino Nano untuk dicari nilai daya maksimumnya. Nilai daya maksimum ini didapat dari hasil terbesar dari perkalian tegangan dan arus. Untuk mencari hasil terbesar itu, maka digunakan metode *MPPT* dengan algoritma *Perturb and Observe (P&O)*.

MPPT P&O dapat mengubah nilai tegangan dan arus dengan mengatur *duty cycle* yang mana sinyalnya akan dikuatkan menggunakan rangkaian driver untuk mengoperasikan mosfet dalam kondisi aktif atau tidak aktif pada *buckboost converter*. Ketika nilai *duty cycle* nol, maka tidak ada arus yang mengalir ke *buckboost converter* karena saklar terbuka. Sedangkan, ketika nilai *duty cycle* dinaikkan, maka nilai arus yang mengalir ke rangkaian *buckboost converter*

juga akan bertambah tinggi. Hasil keluaran *buckboost converter* adalah daya listrik untuk menyuplai beban. *LCD* pada alat ini berfungsi sebagai penampil data dan *monitoring* sistem beberapa data yang diinginkan, seperti tegangan dan arus yang masuk.

2.2. Perancangan Elektrik

2.2.1. Panel Surya

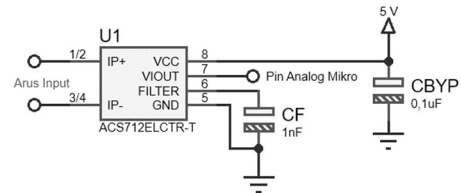
Panel surya adalah salah satu *supply* energi listrik alternatif yang mampu mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik [13], [19], [20]. Panel surya yang digunakan pada sistem ini adalah panel surya *polycrystalline* merek Solana dengan tipe SOL-P12100W. Spesifikasi panel surya ini dapat dilihat pada tabel 1:

Tabel 1. Spesifikasi Panel Surya [21]

Spesifikasi	Nilai
Daya Maksimum (Pmax)	100 W
Tegangan Kerja Optimal (Vm)	17,8 V
Arus Kerja Optimal (Im)	5,62 A
Tegangan <i>Open-Circuit</i> (Voc)	22,4 V
Arus <i>Short-Circuit</i> (Isc)	5,95 A
Efisiensi Modul	15%

2.2.2. Perancangan Sensor Arus ACS712

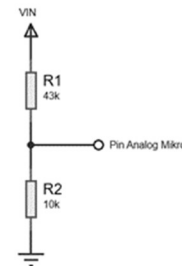
Sensor arus ACS712 adalah sebuah modul sensor untuk mengukur arus baik arus *AC* maupun *DC* [18]. Pada alat ini digunakan dua buah sensor arus yang terdapat pada *input* dan *output converter*. Panel surya yang digunakan pada sistem ini memiliki spesifikasi arus kerja maksimal 5,62 A sehingga sensor arus yang digunakan pada sisi *input* adalah ACS712 yang dapat mendeteksi arus dengan nilai maksimal 20 A. Sedangkan, pada *output converter* digunakan ACS712 dengan nilai maksimal 5 A. Sensitifitas sensor ACS712 ini memiliki arus sebesar 100 mV/A. Nilai variabel dari sensor merupakan nilai *input* untuk mikrokontroler yang kemudian akan diolah [22].



Gambar 2. Rangkaian Sensor Arus ACS712

2.2.3. Perancangan Sensor Tegangan

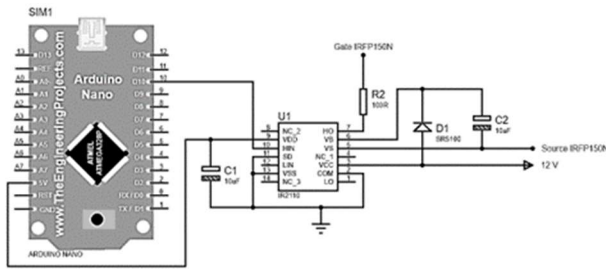
Sensor tegangan berfungsi untuk mendeteksi tegangan *input* dan *output converter*. Sensor ini menggunakan rangkaian pembagi tegangan yang terdiri dari dua buah resistor yang disusun seri senilai 43 kΩ dan 10 kΩ[23]. Tegangan yang akan diukur memiliki nilai maksimal 25 V. Sedangkan, keluaran dari sensor terhubung ke pin analog mikro dan memiliki tegangan maksimal 5 V.



Gambar 3. Rangkaian Sensor Tegangan

2.2.4. Perancangan Driver Mosfet

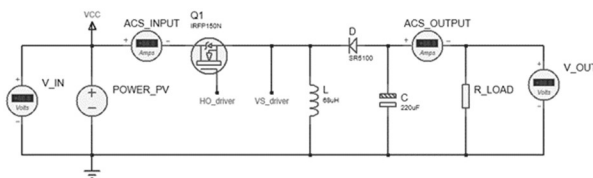
Driver mosfet berfungsi sebagai penguat sinyal *PWM* keluaran dari mikrokontroler Arduino Nano sehingga mosfet pada *buckboost converter* akan aktif. Driver mosfet yang digunakan yaitu IC IR2110. Frekuensi maksimal IR2110 yaitu sebesar 4,4 MHz sehingga cocok digunakan pada alat ini yang memiliki spesifikasi frekuensi sebesar 30 kHz. Selain itu, IR2110 juga memiliki kelebihan dapat digunakan untuk *high side* dan *low side*. Pada rangkaian *buckboost converter*, mosfet terletak pada sisi “*HIGH*” atau *high-side* [24].



Gambar 4. Rangkaian Driver Mosfet

2.2.5. Perancangan Buckboost Converter

Buckboost converter merupakan pengembangan dari generasi *converter* sebelumnya yaitu *buck converter* [25] dan *boost converter* [26], [27]. Dibanding dengan kedua *converter* tersebut, *buckboost converter* memiliki kelebihan dapat menghasilkan nilai keluaran tegangan DC lebih rendah atau lebih tinggi dari sumbernya [28], [29].



Gambar 5. Rangkaian Buckboost Converter

Buckboost converter terdiri dari komponen induktor (L), dioda, kapasitor (C), dan beban (RL)[29].



Gambar 6. Rangkaian Buckboost Converter pada Sistem

Perancangan *buckboost converter* didahului dengan menentukan parameter awal sebagaimana ditunjukkan pada table 2:

Tabel 2. Komponen Buckboost Converter

Spesifikasi	Nilai
Tegangan Masukan Minimal (Vin min)	12 V
Tegangan Masukan Maksimal (Vin max)	22 V
Tegangan Keluaran (Vo)	19 V
Arus Keluaran (Iout)	2 A
Frekuensi Switching	30 kHz

Setelah menentukan parameter awal, dilanjutkan dengan menghitung nilai komponen yang akan digunakan pada *buckboost converter*. Nilai komponen hasil perhitungan tersebut dirangkai dan disimulasikan dengan aplikasi PSIM terlebih dahulu untuk mengetahui keakuratannya. Perhitungan tersebut meliputi:

- a. Menentukan *Duty Cycle* Maksimal

$$\frac{V_o}{V_{in\ min}} = \frac{D_{max}}{1-D_{max}} \tag{1}$$

- b. Menentukan *Duty Cycle* Minimal

$$\frac{V_o}{V_{in\ max}} = \frac{D_{min}}{1-D_{mi}} \tag{2}$$

- c. Menentukan Nilai Kapasitor

$$C > \frac{V_o \times D_{max}}{f \times \Delta V_o \times R} \tag{3}$$

- d. Menentukan Nilai Induktor

$$L > \frac{(1-D_{mi})^2 \times R}{2 \times f} \tag{4}$$

Berdasarkan persamaan 1 – 4, maka didapatkan daftar komponen rangkaian *buckboost converter* pada tabel 3 berikut ini:

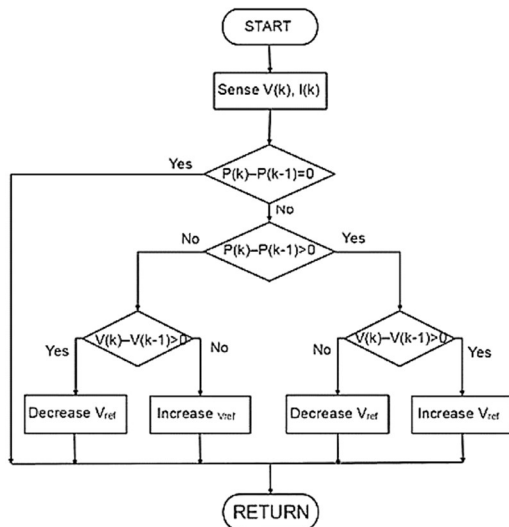
Tabel 3. Daftar Komponen *Buckboost Converter*

Nama Komponen	Nilai/Jenis
Transistor	Mosfet N-channel IRLP150N
Dioda	Schottky SR5100
Induktor (L)	68 uH
Kapasitor (C)	220 uF

2.3. Perturb and Observe (P&O)

Perturb and Observe (P&O) adalah algoritma yang mengendalikan daya keluaran dari panel surya dengan mengubah nilai *duty cycle*. Algoritma ini membutuhkan nilai parameter daya, tegangan, dan arus dari panel surya sebagai masukannya. *Duty cycle* akan menghasilkan *PWM* sebagai keluaran Arduino, kemudian dialirkan ke *converter* untuk dinaikkan atau diturunkan tegangannya.

Prinsip kerja *P&O* ada dua, yaitu berdasarkan pada teknik gangguan (*perturbation*) dengan mengubah nilai tegangan referensi (V_{ref}) melalui *duty cycle* dan pengamatan (*observation*) yaitu menghitung perubahan daya keluaran panel surya [14]–[16]. Algoritma *P&O* akan terus menerus looping dan berhenti apabila sistem dimatikan.



Gambar 7. Flowchart *P&O*[30]

Dari gambar 7 dapat dilihat bahwa jika daya tegangan dan arus yang terbaca oleh sensor di panel surya akan dihitung sebagai $P(k)$ atau nilai daya saat ini. Jika daya $P(k)$ tersebut bernilai lebih besar dari daya sebelumnya $P(k-1)$, maka *perturb* tetap pada arah yang sama. Sedangkan jika daya bernilai lebih kecil dari daya sebelumnya, maka arah *perturb* akan dibalik. Jika $V(k) - V(k-1) > 0$ maka nilai V_{ref} akan dinaikkan atau diturunkan [15], [31].

3. Hasil Penelitian

3.1. Pengujian Sensor Arus

Pengujian sensor arus dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan pada arus masukan dan arus keluaran. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui dan memastikan jika sensor tersebut dapat membaca nilai arus dengan sesuai. Sensor arus yang digunakan pada alat ini yaitu sensor arus ACS712. Pengujian dilakukan dengan menggunakan dua

sensor arus yang terdapat pada *input* dan *output converter*. Sensor arus yang digunakan pada sisi *input* dapat mendeteksi arus dengan nilai maksimal 20 A, sedangkan pada *output* adalah 5 A. Selanjutnya, beban rheostat yang digunakan pada pengujian ini yaitu senilai 9 Ω pada *input* dan 5 Ω pada *output*. Hasil pengujian sensor arus dapat dilihat pada tabel 4 dan tabel 5.

Tabel 4. Pengujian Sensor Arus 20 A

No	Arus Masukan (A)	Arus Keluaran (A)	Error (%)
1	2,49	2,50	0,00
2	3,53	3,56	0,01
3	4,58	4,59	0,00
4	5,64	5,69	0,01
5	6,10	6,13	0,00
Rata-Rata Error			0,004

Tabel 5. Pengujian Sensor Arus 5 A

No	Arus Masukan (A)	Arus Keluaran (A)	Error (%)
1	2,74	2,69	0,02
2	3,20	3,13	0,02
3	3,88	3,80	0,02
4	4,10	3,99	0,03
5	4,78	4,69	0,02
Rata-Rata Error			0,022

Berdasarkan hasil pengujian sensor arus 20 A pada tabel 4 dan sensor arus 5 A pada tabel 5, dapat dilihat bahwa nilai rata-rata error pada sensor arus 20 A dan sensor arus 5 A yaitu sebesar 0,005% dan 0,022%. Dari kedua nilai error ini dapat disimpulkan bahwa hasil pengukuran sensor arus tersebut sudah benar dan akurat.

3.2. Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian sensor tegangan dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan pada sensor tegangan dan avometer. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui dan memastikan jika sensor tersebut dapat membaca nilai tegangan dengan sesuai. Sensor tegangan yang digunakan pada alat ini adalah rangkaian pembagi tegangan dengan nilai $V_{in} = 25$ V dan $V_o = 5$ V, serta resistor dengan nilai $R_1 = 43$ k Ω dan $R_2 = 10$ k Ω . Hasil pengujian sensor tegangan dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Pengujian Sensor Tegangan

No	Tegangan Masukan (V)	Tegangan Keluaran (V)	Hasil Pengukuran Multimeter (V)	Error (%)
1	1	0,96	0,99	0,03
2	7	6,99	6,98	0,00
3	13	12,90	12,96	0,00
4	19	18,88	18,50	0,02
5	25	24,82	24,93	0,00
Rata-Rata Error				0,01

Berdasarkan hasil pengujian sensor tegangan pada tabel 6 dapat dilihat bahwa hasil pengukuran sensor tegangan dengan avometer menunjukkan nilai rata-rata eror sebesar 0,01%. Dari nilai eror tersebut, dapat disimpulkan bahwa pengukuran sensor ini sudah benar dan akurat.

3.3. Pengujian Buckboost Converter

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja *buckboost converter*. Sumber tegangan yang digunakan pada *converter* yaitu *power supply*. Pengujian dilakukan dengan mengubah nilai *duty cycle* sehingga dapat diketahui nilai *duty cycle* pada saat *converter* bekerja paling baik. Beban yang digunakan yaitu rheostat 14 Ω . Hasil pengujian *buckboost converter* dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Pengujian Buckboost Converter

DC (%)	Vin (V)	Vout (V)	Iin (A)	Iout (A)	Pin (W)	Pout (W)	Eff (%)
10	12	1,83	0,03	0,13	0,24	0,24	73
20	12	3,38	0,09	0,23	1,08	0,78	72
30	12	4,73	0,20	0,32	2,40	1,51	63
40	12	7,45	0,48	0,5	5,76	3,73	65
50	12	11,20	1,10	0,9	13,20	10,08	76
60	12	11,43	1,20	0,9	14,40	10,29	71
70	12	11,69	1,29	0,9	15,48	10,52	68
80	12	11,67	1,32	0,9	15,84	10,50	66
90	12	11,71	1,40	0,9	16,80	10,54	63
Rata-Rata Efisiensi							69

Berdasarkan hasil pengujian *buckboost converter* pada tabel 7, dapat dilihat bahwa nilai efisiensi tertinggi yaitu sebesar 76% yang terdapat pada *duty cycle* 50%. Sedangkan, nilai rata-rata efisiensi *buckboost converter* yaitu sebesar 69%. Saat *duty cycle* berada di atas 50%, terjadi drop tegangan karena beban yang digunakan pada *converter* terlalu kecil, sehingga nilai efisiensinya juga menurun. Dari nilai ini dapat disimpulkan bahwa *buckboost converter* cukup efisien untuk digunakan pada panel surya.

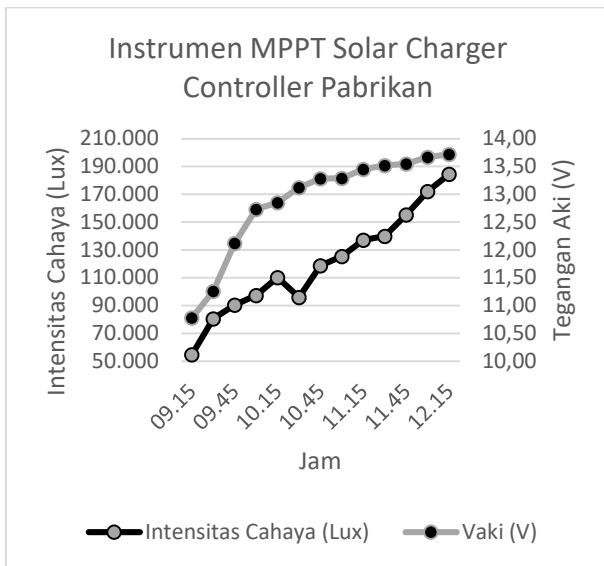
3.4. Perbandingan Antara Instrumen MPPT Solar Charger Controller Pabrik dengan Sistem MPPT P&O Buckboost Converter

3.4.1 Pengujian Instrumen MPPT Solar Charger Controller Pabrik

Pengujian instrumen dilakukan menggunakan modul *MPPT solar charger controller* pabrik. Instrumen ini diimplementasikan sebagai pengeras aki 12 V 7,5 AH. Pengisian aki dilakukan selama 3 jam dengan rata-rata intensitas cahaya matahari sebesar 120.193 Lux. Hasil pengujian instrumen dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Pengujian Instrumen MPPT Solar Charger Controller Pabrik

Jam	Intensitas Cahaya (Lux)	Vaki (V)
09.15	54.730	10,78
09.30	80.480	11,26
09.45	90.500	12,12
10.00	97.400	12,73
10.15	110.230	12,85
10.30	96.000	13,12
10.45	118.800	13,28
11.00	125.450	13,29
11.15	137.120	13,45
11.30	139.900	13,52
11.45	155.300	13,55
12.00	172.000	13,67
12.15	184.600	13,72



Gambar 8. Grafik Pengujian Instrumen *MPPT Solar Charger Controller* Pabrik

Berdasarkan pengujian instrumen *MPPT solar charger controller* pabrik pada tabel 8, dapat dilihat bahwa tegangan aki sebelum dicas yaitu 10,78 V dan setelah dicas adalah 13,72 V, sehingga dapat dihitung total energi pada aki yang mampu disimpan oleh instrumen *MPPT solar charger controller* pabrik ini yaitu:

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \\
 &= (13,72 - 10,78) \times 7,5 \\
 &= 7,35 \text{ W/jam.}
 \end{aligned}$$

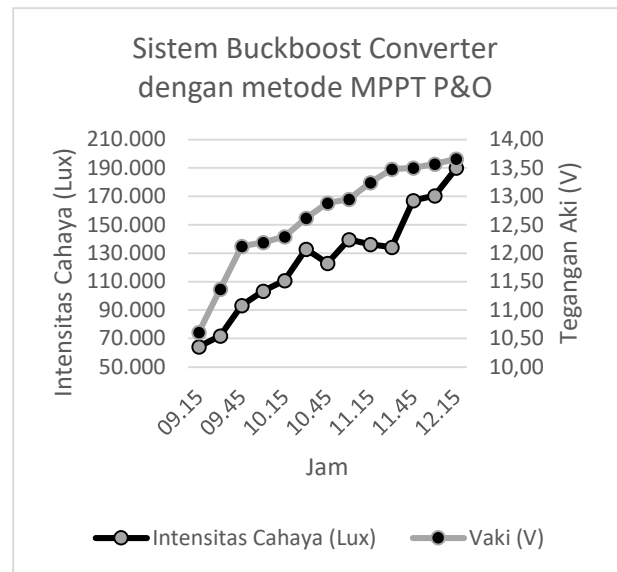
3.4.2. Pengujian Sistem *Buckboost Converter* dengan metode *MPPT P&O* di Bawah Sinar Matahari

Pengujian sistem dilakukan menggunakan *buckboost converter* dengan metode *MPPT P&O* di bawah sinar matahari. Alat ini diimplementasikan sebagai pengecas aki 12 V 7,5 AH. Pengisian aki dilakukan selama 3 jam dengan rata-rata intensitas cahaya matahari sebesar 125.912 Lux. Hasil pengujian sistem dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Pengujian Sistem *Buckboost Converter* dengan Metode *MPPT P&O* di Bawah Sinar Matahari

Jam	Lux	Vout (V)	Iout (A)	Vin (V)	Iin (A)	Pout (W)	Pin (W)	Vaki (V)
09.15	64.200	12,89	0,70	11,52	1,55	8,96	17,86	10,61
09.30	71.850	12,89	0,72	11,59	1,63	9,32	18,89	11,37
09.45	93.190	12,89	1,28	11,72	1,67	16,50	19,57	12,12

10.00	103.260	12,89	1,31	11,94	1,81	16,94	21,61	12,19
10.15	110.800	12,89	1,36	12,03	1,98	17,52	23,82	12,29
10.30	132.770	12,89	1,38	13,25	1,93	17,84	25,57	12,62
10.45	123.000	12,89	1,39	13,52	1,95	17,93	26,36	12,88
11.00	139.650	12,89	1,39	13,64	1,95	17,94	26,60	12,95
11.15	136.240	12,89	1,39	14,60	1,95	17,87	28,47	13,24
11.30	134.300	12,89	1,25	14,77	1,89	16,10	27,92	13,48
11.45	167.100	12,89	1,09	15,14	1,85	13,99	28,01	13,50
12.00	170.490	12,89	0,95	15,33	1,86	12,19	28,51	13,57
12.15	190.000	12,89	0,87	15,34	1,83	11,20	28,07	13,66



Gambar 9. Grafik Pengujian Sistem *Buckboost Converter* dengan metode *MPPT P&O* di Bawah Sinar Matahari

Berdasarkan pengujian sistem menggunakan *buckboost converter* dengan metode *MPPT P&O* pada tabel 9, dapat dilihat bahwa titik daya maksimum panel surya yaitu sebesar 28,51 W yang terdapat pada tegangan 15,33 V dengan arus sebesar 1,86 A. Titik daya maksimum ini merupakan nilai daya paling optimal dari panel surya. Dari daya masukan tersebut, maka didapatkan daya keluaran sebesar 12,19 W.

Selanjutnya, pada implementasi pengisian aki, nilai tegangan aki sebelum dicas yaitu 10,61 V dan setelah dicas adalah 13,66 V, sehingga dapat dihitung total energi pada aki yang mampu disimpan oleh sistem *buckboost converter* dengan metode *MPPT P&O* ini yaitu:

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \\
 &= (13,66 - 10,61) \times 7,5 \\
 &= 7,62 \text{ W/jam}
 \end{aligned}$$

3.4.3 Perbandingan Antara Instrumen MPPT Solar Charger Controller Pabrikasi dengan Sistem MPPT P&O Buckboost Converter

Pengujian ini dilakukan dengan mengimplementasikan instrumen MPPT pabrikasi dengan sistem MPPT P&O buckboost converter sebagai pengecas aki. Perbandingan kinerja kedua alat ini dilihat berdasarkan jumlah energi yang dapat disimpan ke aki dengan rata-rata intensitas cahaya. Dari data yang sudah diambil pada tabel 8 dan 9, perhitungan dan hasil pengujian sistem dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Perbandingan Instrumen MPPT Solar Charger Controller Pabrikasi dengan Sistem MPPT P&O Buckboost Converter

Alat	Rata-Rata Intensitas Cahaya (Lux)	Vaki Sebelum Dicas (V)	Vaki Setelah Dicas (V)	Energi yang Disimpan Aki (W/jam)
Instrumen MPPT Solar Charger Controller Pabrikasi	120.193	10,78	13,72	7,35
Sistem Buckboost Converter dengan metode MPPT P&O	125.912	10,61	13,66	7,62

Berdasarkan tabel 10, dapat dilihat bahwa hasil energi yang dapat disimpan oleh instrumen MPPT solar charger controller pabrikasi dan sistem buckboost converter dengan metode MPPT P&O yaitu sebesar 7,35 W/jam dan 7,62 W/jam. Apabila dibandingkan, maka didapatkan nilai sebagai berikut:

$$7,35 : 7,62 \rightarrow 1 : 1,03$$

Dari nilai ini dapat disimpulkan bahwa sistem buckboost converter dengan metode MPPT P&O yang dirancang sendiri memiliki

kinerja 1,03% lebih akurat daripada instrumen MPPT pabrikasi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

- Daya yang dihasilkan panel surya dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari. Semakin tinggi intensitas cahaya yang di dapatkan maka semakin besar pula nilai tegangan dan arus yang dihasilkan, sehingga daya juga semakin besar.
- Buckboost converter pada sistem ini memiliki efisiensi kerja sebesar 76% pada duty cycle 50%. Data tersebut sesuai dengan hasil perhitungan duty cycle minimal dan maksimal buckboost converter yaitu sebesar 46% dan 61%.
- Buckboost converter dengan metode MPPT P&O dapat mengoptimalkan daya keluaran panel surya. Nilai daya optimal yang didapat yaitu sebesar 28,51 W dengan tegangan masukan 15,33 V dan arus sebesar 1,86 A. Dari daya masukan tersebut, maka didapatkan daya keluaran sebesar 12,19 W.
- Pada implementasi pengecasan aki, buckboost converter dapat menyimpan energi sebesar 7,62 W/jam dengan nilai rata-rata intensitas cahaya sebesar 125.912 Lux. Sedangkan, instrumen MPPT pabrikasi hanya dapat menyimpan energi sebesar 7,35 W/jam dengan nilai rata-rata intensitas cahaya sebesar 120.193 Lux.
- Pada pengujian pengecasan aki, sistem buckboost converter dengan metode MPPT P&O yang dirancang sendiri memiliki kinerja 1,03% lebih akurat daripada instrumen MPPT pabrikasi.

5. Saran

Pada sistem ini memiliki kekurangan di dalamnya, sehingga dapat diberikan saran sebagai berikut:

- Pemilihan komponen sangat berpengaruh pada arus dan tegangan yang dihasilkan oleh buckboost converter. Untuk itu perlu diperhatikan dengan teliti dalam memilih komponen yang sesuai dengan kebutuhan sistem, baik nilai maupun kualitas.

- b. Nilai tegangan dan arus pada panel surya berubah-ubah dengan cepat akibat pengaruh intensitas cahaya. Oleh karena itu pengambilan data harus dilakukan dengan cepat dan teliti.
- c. Agar hasil dapat dibandingkan, maka proses pengambilan data menggunakan *buckboost converter* dengan metode *MPPT P&O* sebaiknya dilakukan pada saat intensitas cahaya yang diperkirakan sama dengan pada saat proses pengambilan data menggunakan instrumen *MPPT solar charger controller* pabrikan.
- d. Desain *PCB* sebaiknya diperhatikan dengan baik, mulai dari pengecekan jalur timah, *ground*, dan pemasangan komponen.

6. Daftar Pustaka

- [1] A. J. Forsyth and S. V. Mollov, "Modelling and control of DC-DC converters," *Power Eng. J.*, vol. 12, no. 5, pp. 229–236, 1998, doi: 10.1049/pe:19980507.
- [2] A. Maulidiyah, A. Parastiwi, and D. Dewatama, "Perancangan dan Realisasi Buck & Boost Converter Menggunakan Algoritma Maximum Power Point Tracker dengan Kontrol Fuzzy Logic pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya," *J. Elektron. dan Otomasi Ind.*, vol. 4, no. 1, p. 30, 2020, doi: 10.33795/elkolind.v4i1.105.
- [3] M. L. Azad, S. Das, P. Kumar Sadhu, B. Satpati, A. Gupta, and P. Arvind, "P&O algorithm based MPPT technique for solar PV system under different weather conditions," *Proc. IEEE Int. Conf. Circuit, Power Comput. Technol. ICCPCT 2017*, pp. 0–4, 2017, doi: 10.1109/ICCPCT.2017.8074225.
- [4] D. S. Yanaratri, L. P. SR, I. Ferdiansyah, and R. P. Eviningsih, "Desain dan Implementasi MPPT PSO pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga," *JTT (Jurnal Teknol. Terpadu)*, vol. 9, no. 1, pp. 34–43, 2021, doi: 10.32487/jtt.v9i1.964.
- [5] D. Dewatama, M. Fauziyah, and H. K. Safitri, "Optimasi Buck Converter Pada Solar Tree Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy," *J. Eltek*, vol. 15, no. 02, pp. 36–51, 2017, [Online]. Available: <https://elkolind.polinema.ac.id/index.php/eltek/article/view/117%0Ahttps://elkolind.polinema.ac.id/index.php/eltek/article/download/117/102>
- [6] O. Melfazen, M. T. Alawity, and D. Dewatama, "Firefly Algorithm For Optimizing Single Axis Solar Tracker," *Kinet. Game Technol. Inf. Syst. Comput. Network, Comput. Electron. Control*, vol. 4, pp. 1–8, 2021, doi: 10.22219/kinetik.v6i4.1338.
- [7] R. Dewi, Y. C. Arif, L. Pradigta, and S. Raharja, "Maximum Power Point Tracking Berbasis Fuzzy Logic Control Pada Heater Mini Sauna di Masa Pandemi," vol. 11, no. 1, 2023.
- [8] D. C. Bani, M. Pu, and H. Suryoatmojo, "–MPPT Pada Sistem PV Menggunakan Algoritma Firefly dan Modified P&O dengan Konverter Hybrid Cuk terkoneksi ke Grid Satu Phasa di Bawah Kondisi Partial Shaded," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, 2016, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.16055.
- [9] H. Buntulayuk, F. A. Samman, and Y. Yusran, "Rancangan DC-DC Converter untuk Penguatan Tegangan," *J. Penelit. Enj.*, vol. 21, no. 2, pp. 78–82, 2018, doi: 10.25042/jpe.112017.12.
- [10] S. Diusti Dwi Putri and Aswardi, "Rancang Bangun Buck-Boost Converter menggunakan Kendali PID," *Jtev (Jurnal Tek. Elektro Dan Vokasional)*, vol. 06, no. 02, pp. 258–272, 2020, [Online]. Available: <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/jtev/index>
- [11] D. Almanda and P. G. Chamdareno, "Perbandingan Kinerja Konverter Buck Boost Dan Konverter Sepic Sebagai Charger Baterai Berbasis Panel Surya," *Semin. Nas. Sains dan Teknol.*, pp. 2017–2020, 2019.
- [12] Adithya Yudha Perdana, "Analisis Efisiensi Solar Charger Controller Tipe," *Unnes Repository*, vol. 18, p. 16, 2020.
- [13] I. A. Perdana, D. Dewatama, and S. Subiyantoro, "Desain dan Implementasi Maximum Power Point Tracking (MPPT) menggunakan Topologi Sepic Pada Solar Panel dengan Metode P&O," *J. Elektron. dan Otomasi Ind.*, vol. 8, no. 2, p. 133, 2021, doi: 10.33795/elk.v8i2.284.
- [14] A. Fauzi, M. Facta, and S. Sudjadi, "Perencanaan Maximum Power Point Tracking (Mppt) Dengan Metode Perturb and Observe Pada Panel Surya," *Transient*, vol. 7, no. 4, p. 918, 2019, doi: 10.14710/transient.7.4.918-924.
- [15] A. Al-diab and C. Sourkounis, "Variable Step Size P & O MPPT Algorithm for PV

- Systems,” pp. 1097–1102, 2010.
- [16] A. S. Hiwale, M. V Patil, and H. Vinchurkar, “An Efficient MPPT Solar Charge Controller”.
- [17] N. Syahputra L., “Efisiensi Daya Keluaran Generator Photovoltaic (GPV) Menggunakan Maximum Power Point Tracking (MPPT) Dengan Algoritma Perturb And Obserb (P&O) Dan Mppt Standart Reference,” pp. 4–16, 2019.
- [18] A. Kusumaningrum, “Penggunaan Buck Boost Converter Pada Sistem Battery Charging Terkendali,” *Skripsi*, pp. 1–103, 2016.
- [19] M. A. Abdourraziq, M. Ouassaid, M. Maaroufi, and S. Abdourraziq, “Modified P&O MPPT technique for photovoltaic systems,” *Proc. 2013 Int. Conf. Renew. Energy Res. Appl. ICRERA 2013*, no. October, pp. 728–733, 2013, doi: 10.1109/ICRERA.2013.6749849.
- [20] L. P. S. Raharja, R. P. Eviningsih, I. Ferdiansyah, and D. S. Yanaratri, “Penggunaan Daya Panel Surya Dengan MPPT Bisection Pada Proses Charging Baterai,” *JTT (Jurnal Teknol. Terpadu)*, vol. 9, no. 1, pp. 24–33, 2021, doi: 10.32487/jtt.v9i1.957.
- [21] Solana, “Datasheet panel surya Polycrystalline 100 WP.”
- [22] A. Fitriandi, E. Komalasari, and H. Gusmedi, “Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler,” *J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 10, no. 2, 2016.
- [23] N. Sudrajat, K. Kananda, D. Hidayar, and T. Nugroho, “Perancangan Dc-Dc Converter Berbasis Buck Converter Dengan Mikrokontroler Arduino Pada Pengaplikasian Battery Charger Program Studi Teknik Elektro Institut Teknologi Sumatera, Indonesia”.
- [24] P. Summary, “IR2110(- 1 - 2)(S)PbF/IR2113(- 1 - 2)(S)PbF HIGH AND LOW SIDE DRIVER,” vol. 2110, pp. 1–18.
- [25] W. : Www, D. Choudhary, and A. R. Saxena, “International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering DC-DC Buck-Converter for MPPT of PV System,” *Certif. J.*, vol. 9001, no. 7, pp. 813–821, 2008, [Online]. Available: www.ijetae.com
- [26] P. Sahu, D. Verma, and S. Nema, “Physical Design and Modelling of Boost Converter systems,” *2016 Int. Conf. Electr. Power Energy Syst.*, pp. 10–15, 2018, [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7915898>
- [27] S. Sholapur, K. R. Mohan, and T. R. Narsimhegowda, “Boost Converter Topology for PV System with Perturb And Observe MPPT Algorithm,” *IOSR J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 9, no. 4, pp. 50–56, 2014, doi: 10.9790/1676-09425056.
- [28] C. Rachman and F. N. Budiman, “Rancang Bangun Konverter Buck Boost dengan Sistem Monitoring Berbasis Labview,” 2018.
- [29] E. Kabalci, “Design and Implementation of a PI-MPPT Based Buck-Boost Converter,” 2015.
- [30] V. Jaya and Sujono, “Perancangan Maximum Power Point Tracking (MPPT) Pada Turbin Angin PMSG Kapasitas 300 Watt Dengan Algoritma Fuzzy,” *J. Maest.*, vol. 1, no. 2, pp. 323–329, 2018.
- [31] T. Sulis, F. Fathoni, and R. Putri, “Optimasi Sistem Photovoltaik Menggunakan Cuk Konverter Berbasis Simple Perturb and Observe Method,” *J. Appl. Smart Electr. Netw. Syst.*, vol. 2, no. 01, pp. 24–29, 2021, doi: 10.52158/jasens.v2i01.190.