

Implementasi Metode Incremental Conductance Dalam Sistem MPPT Pada Buck Boost Converter Untuk Panel Surya

Herwandi¹, Fitri², Arief Rahman Hidayat³,
Dinda Ayu Permatasari⁴ Anindya Dwi Risdhayanti⁵

e-mail: herwandi@polinema.ac.id, fitri@polinema.ac.id, arhidayat@polinema.ac.id,
dinda_ayu@polinema.ac.id, risdhayanti@polinema.ac.id

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No.9 Malang, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 8 Juni 2025

Direvisi 28 Juli 2025

Diterbitkan 31 Juli 2025

Kata kunci:

Panel Surya
Konverter Buck Boost
Incremental Conductance

ABSTRAK

Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi terbarukan semakin diminati dengan adanya perkembangan teknologi sel surya. Namun, efisiensi panel surya sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti intensitas cahaya dan suhu. Untuk memaksimalkan daya keluaran panel surya, diperlukan metode Maximum Power Point Tracking (MPPT) salah satunya adalah metode Incremental Conductance. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan metode Incremental Conductance pada konverter buck-boost sebagai pengendali tegangan dalam sistem MPPT panel surya. Metode ini bekerja dengan membandingkan nilai konduktansi sebelumnya dan saat ini untuk menentukan titik daya maksimum dan mengatur duty cycle PWM melalui mikrokontroler Arduino. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga tegangan keluaran konverter mendekati nilai referensi 14V dengan rata-rata efisiensi sebesar 87,9%. Selain itu, sistem juga digunakan untuk mengisi baterai 12V 7Ah dari tegangan awal 10,8V hingga mencapai 13,5V dalam waktu 2 jam 45 menit. Dengan demikian, implementasi metode Incremental Conductance pada konverter buck-boost telah berhasil meningkatkan efisiensi daya panel surya secara signifikan.

ABSTRACT

Keywords:

Photovoltaic
Buck Boost Converter
Incremental Conductance

The utilization of solar energy as a renewable energy source has gained increasing attention with the development of photovoltaic (PV) panel technology. However, the efficiency of PV panels is highly influenced by environmental conditions such as solar irradiation and temperature. To maximize the power output of solar panels, a Maximum Power Point Tracking (MPPT) method is required, one of which is the Incremental Conductance method. This study aims to implement the Incremental Conductance MPPT algorithm on a buck-boost converter to control voltage and optimize the power output of a solar panel system. The method works by comparing the current and previous values of conductance to determine the maximum power point and adjust the PWM duty cycle via an Arduino microcontroller. The test results show that the system is able to maintain the output voltage of the buck-boost converter close to the reference value of 14V, achieving an average efficiency of 87.9%. Additionally, the system was used to charge a 12V 7Ah battery, increasing its voltage from an initial 10.8V to 13.5V within 2 hours and 45 minutes. Thus, the implementation of the Incremental Conductance method on the buck-boost converter has successfully improved the efficiency of the solar panel power output.



Penulis Korespondensi:

Arief Rahman Hidayat,
Jurusan Teknik Elektro,
Politeknik Negeri Malang,
Jl. Soekarno Hatta No. 9 Kota Malang, Jawa Timur, 65145
Email: arhidayat@polinema.ac.id
No. HP/WA aktif : +62 822-3245-9662

1. PENDAHULUAN

Penelitian mengenai energi terbarukan telah banyak dilakukan, mencakup sumber energi seperti angin, air, dan matahari. Indonesia memiliki beragam sumber energi, salah satunya adalah energi matahari. Energi terbarukan dari matahari dapat dimanfaatkan melalui penggunaan sel surya, yaitu teknologi yang menghasilkan listrik arus searah (DC) saat terkena sinar matahari. Kumpulan sel surya yang dihubungkan secara seri atau paralel disebut panel surya. Keuntungan dari pemanfaatan energi matahari antara lain adalah sumber energi yang gratis, mudah didapat, dan tersedia setiap hari.

Pada dasarnya, efisiensi panel surya optimal dicapai saat beroperasi pada titik daya maksimum. Jika tidak, efisiensinya menurun. Agar dapat mempertahankan operasi pada titik optimal, digunakan algoritma Maximum Power Point Tracking (MPPT). MPPT bertujuan menemukan dan mempertahankan titik daya maksimum panel surya, sehingga output daya lebih optimal [1].

Metode Incremental Conductance (IC) adalah salah satu teknik Maximum Power Point Tracking (MPPT) yang umum digunakan karena kesederhanaannya dan kemampuan untuk menentukan titik daya maksimum secara akurat [2]. Metode ini efektif dalam mengidentifikasi titik daya maksimum tanpa dipengaruhi oleh perubahan kondisi lingkungan, seperti variasi intensitas cahaya matahari, suhu, atau degradasi panel surya seiring waktu [4].

Konverter DC-DC buck-boost adalah komponen penting dalam sistem panel surya yang berfungsi untuk menyesuaikan tegangan keluaran dari panel surya agar sesuai dengan kebutuhan beban atau sistem penyimpanan energi, seperti baterai. Konverter ini memiliki kemampuan untuk menurunkan (buck) atau menaikkan (boost) tegangan input, tergantung pada kondisi operasi dan kebutuhan sistem. Dengan demikian, konverter buck-boost memastikan bahwa energi yang dihasilkan oleh panel surya dapat dimanfaatkan secara optimal, meskipun terjadi fluktuasi intensitas cahaya matahari atau perubahan kondisi lingkungan lainnya [3].

Pada aplikasi praktis, konverter buck-boost sering digunakan bersama dengan algoritma Maximum Power Point Tracking (MPPT) untuk menjaga agar panel surya beroperasi pada titik daya maksimum. MPPT berfungsi untuk menemukan dan mempertahankan titik operasi optimal dari panel surya, sementara konverter buck-boost menyesuaikan tegangan dan arus sesuai dengan kebutuhan sistem. Kombinasi ini memungkinkan sistem panel surya bekerja lebih efisien dan andal dalam berbagai kondisi lingkungan [2].

Penelitian mengenai metode Maximum Power Point Tracking (MPPT) telah banyak dilakukan untuk mengoptimalkan daya yang dihasilkan oleh panel surya. Beberapa metode MPPT yang sering dibandingkan meliputi Constant Voltage, Perturb and Observe (P&O), dan Incremental Conductance (IC). Studi menunjukkan bahwa



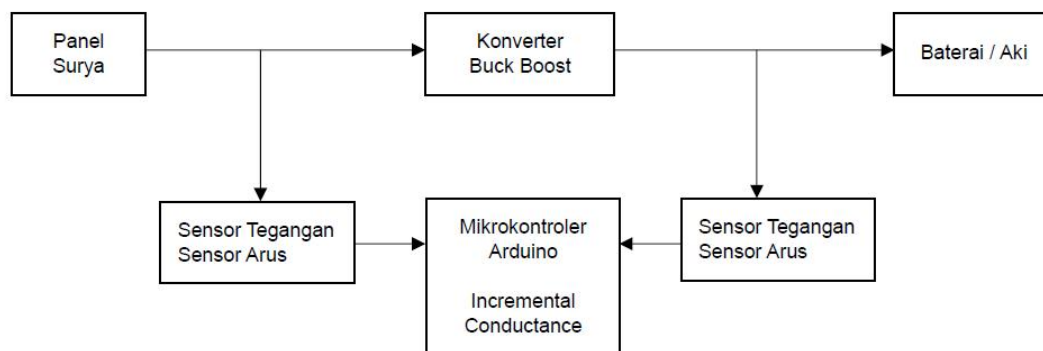
metode Incremental Conductance seringkali menghasilkan efisiensi daya yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode lainnya [6].

Berdasarkan uraian penelitian dalam hal peningkatan optimasi daya pada panel surya, maka dapat dijadikan dasar atau landasan bagi penulis untuk melakukan penelitian tentang konverter Buck Boost dengan menggunakan metode MPPT Incremental Conductance. Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan optimasi daya panel surya dan dapat merespon terhadap kondisi yang berubah-ubah berupa radiasi sinar matahari dan suhu yang masuk pada panel surya.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode incremental conductance untuk memperoleh titik daya maksimum panel surya. Data yang digunakan merupakan hasil perbandingan nilai tegangan, arus dan daya pada bagian input dengan output.

2.1 Diagram Blok



Gambar 1. Diagram Blok

Panel surya berperan sebagai sumber daya utama dalam sistem ini. Panel tersebut menghasilkan arus dan tegangan yang selanjutnya dialirkan menuju rangkaian buck boost untuk dikondisikan pada bagian keluarannya. Sebelum mencapai rangkaian konverter buck boost, tegangan dan arus yang dihasilkan panel surya melewati sensor tegangan dan arus sebagai elemen pengukuran. Sensor ini bertugas untuk mengirimkan data tegangan dan arus ke mikrokontroler sebagai dasar pengambilan keputusan dalam proses pelacakan titik daya maksimum (MPPT). Pada penelitian ini, metode yang digunakan untuk MPPT adalah Incremental Conductance. Metode ini bekerja dengan cara membandingkan nilai tegangan dan arus pada iterasi terbaru dengan nilai dari iterasi sebelumnya. Berdasarkan perbandingan tersebut, sistem dapat menentukan apakah operasi masih berada di bawah, di atas, atau tepat pada titik daya maksimum.

Setelah dilakukan perhitungan dan penyesuaian terhadap duty cycle, mikrokontroler mengirimkan sinyal PWM (Pulse Width Modulation) untuk mengendalikan gate dari MOSFET yang ada dalam rangkaian buck boost. Dengan demikian, tegangan keluaran buck boost dapat diatur sesuai kebutuhan untuk proses pengisian baterai.

Keluaran dari buck boost converter digunakan untuk mengisi baterai, di mana pada jalur pengisian juga dipasang sensor arus dan tegangan. Sensor-sensor ini berfungsi untuk memantau kondisi baterai, termasuk apakah baterai telah terisi penuh atau masih dalam proses pengisian. Selain itu, baterai dilengkapi dengan regulator tegangan 5V yang menyuplai daya ke mikrokontroler agar tetap aktif selama operasional



sistem. Bagian display sebagai *user interface*, sistem dilengkapi dengan layar LCD yang menampilkan besaran arus, tegangan, dan daya secara real-time.

2.2 Perancangan Elektrik

Perancangan elektrik meliputi spesifikasi panel surya, sensor tegangan dan sensor arus, serta perancangan konverter buck boost.

2.2.1 Spesifikasi Panel Surya

Pada sistem yang dibuat menggunakan spesifikasi panel surya sebagai berikut:



Tabel 1. Spesifikasi Panel Surya

Parameter	Spesifikasi
Rated Maximum Power (Pm)	50W
Tolerance	±3%
Voltage at Pmax (VMP)	17.5V
Current at Pmax (IMP)	2.86A
Open-Circuit Voltage (Voc)	21V
Short-Circuit Voltage (Isc)	3.09A

2.2.2 Spesifikasi Sensor Tegangan

Sensor tegangan menggunakan modul Voltage Sensor yang dapat mengukur tegangan DC. Modul sensor ini bekerja berdasarkan prinsip *resistive divider*.

Tabel 2. Spesifikasi Modul Voltage Sensor

Parameter	Spesifikasi
Variasi tegangan <i>input</i>	DC 0-25V
Jangkauan deteksi tegangan	DC 0.02445 – 25V
Tegangan resolusi analog	0.00489V



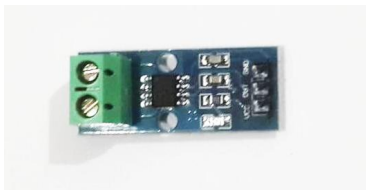
Gambar 2. Modul Voltage Sensor

2.2.3 Spesifikasi Sensor Arus

Sensor ACS712-5A merupakan sensor yang bisa membaca nilai arus. Senosr ini bekerja karena terdapat adanya efek medan. Sensor ACS712-5A berfungsi untuk mengukur arus DC atau AC. Sensor ACS712-5A terdapat rangkaian penguat, sehingga kepekaan terhadap pengukuran arus akan meningkat dan juga bisa mengukur perubahan arus yang kecil

Tabel 3. Spesifikasi Sensor ACS712-5A

Parameter	Spesifikasi
Tegangan <i>input</i>	4.5 – 5.5 VDC
Sensitivitas	66 – 185mV / A
Maksimum pengukuran	20A



Gambar 3. Sensor ACS712

2.2.4 Perancangan Konverter Buck Boost

Agar dapat menghasilkan keluaran yang stabil, maka dibutuhkan perhitungan untuk menentukan nilai komponen yang digunakan pada konverter buck boost. Parameter konverter buck boost dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Parameter Konverter Buck Boost



Parameter	Nilai
Tegangan Input	14-22V
Tegangan Output	12V
Arus Output	2A
Frekuensi	30kHz

Perhitungan menentukan nilai duty cycle

$$D = \frac{V_o}{V_o + V_i}$$

$$D = \frac{12}{12 + 14} = 0.46$$

Perhitungan menentukan nilai Resistor

$$R = \frac{V_o^2}{P}$$

$$R = \frac{12^2}{10} = 14.4\Omega$$

Perhitungan menentukan nilai induktor

$$i_L = \frac{(V_i \times D)}{R(1 - D)^2}$$

$$i_L = \frac{(17 \times 0.46)}{14.4(1 - 0.46)^2} = 1.86A$$

$$\Delta i_L = 1\% \times i_L$$

$$\Delta i_L = 1\% \times 1.86 = 0.0186A$$

$$L = \frac{(V_i \times D)}{\Delta i_L \times F}$$

$$L = \frac{(14 \times 0.46)}{0.0186 \times 30000} = 0.011H = 11mH$$

Perhitungan menentukan nilai kapasitor

$$\Delta V_o = \%V_o \times V_o$$

$$\Delta V_o = \%1 \times 12 = 0.12V$$

$$C = \frac{V_o \times D}{\Delta V_o \times R \times F}$$

$$C = \frac{12 \times 0.46}{0.12 \times 14.4 \times 30000} = 1.06 \times 10^{-4}F = 106 \mu F$$

2.3 Perancangan Algoritma Incremental Conductance

Metode MPPT Incremental Conductance adalah metode MPPT yang bekerja dengan berdasarkan gradient kurva P-V panel surya, yaitu kurva daya terhadap tegangan kurva karakteristik dari panel surya. Titik daya maksimal panel surya terletak pada posisi nilai tegangan tertentu disebut V_{MPP} . Karakteristik dari daya terhadap tegangan panel surya adalah suatu bentuk dari fungsi daya terhadap tegangan, ketika memperoleh titik maksimal dimana pada saat tersebut telah mencapai gradient yang nilainya sama dengan nol.



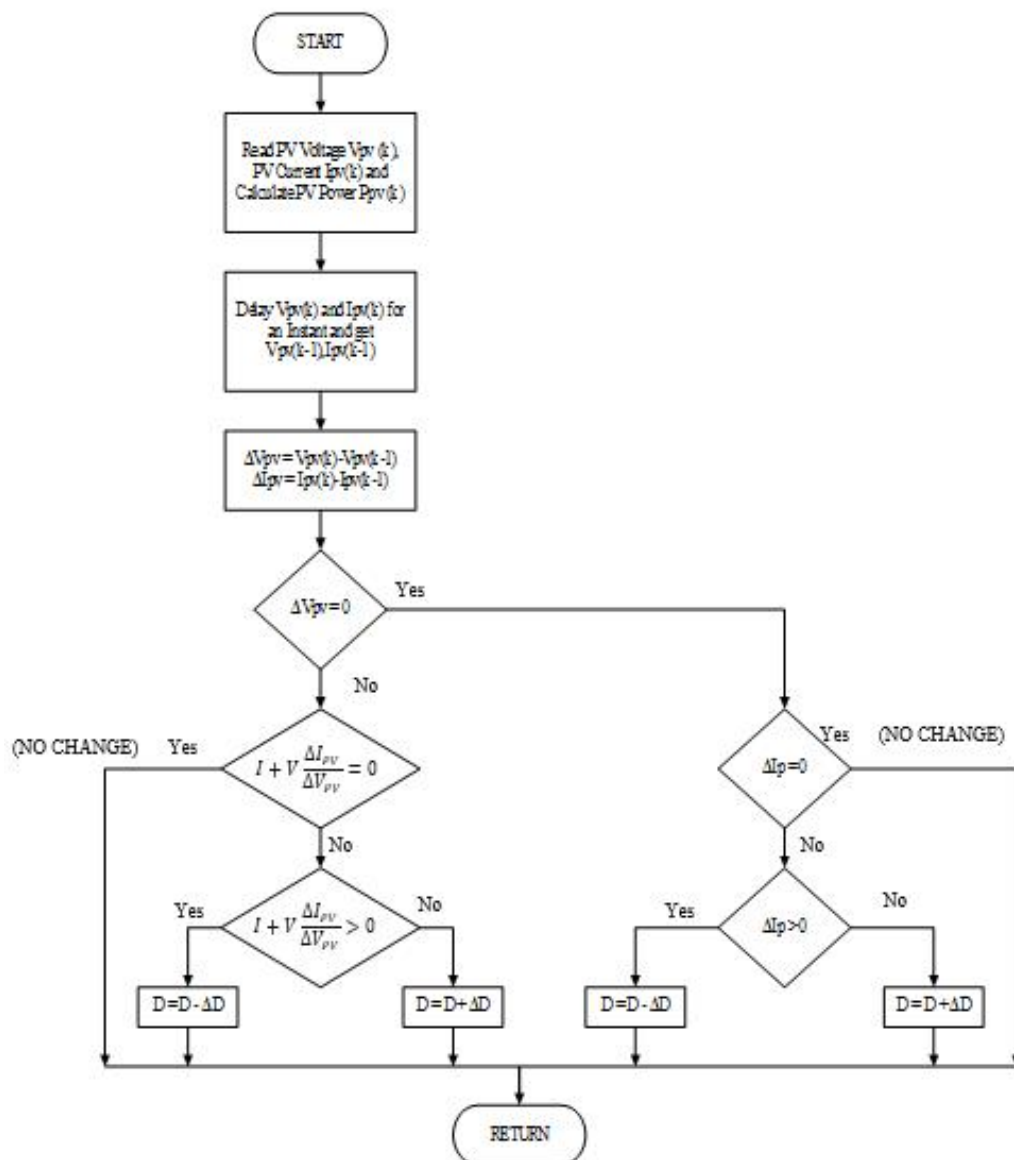
$$\frac{dP}{dV} = 0$$

Karena $P = V \times I$, maka dapat diperoleh:

$$\frac{d(V.I)}{dV} = \frac{dV.I + V.di}{dV}$$

$$I + V \frac{dI}{dV} = 0$$

$$\frac{dI}{dV} = -\frac{I}{V}$$



Gambar 4. Flowchart Algoritma Incremental Conductance



Metode Incremental Conductance membandingkan nilai konduktansi lama dengan konduktansi baru. Konduktansi dapat dihitung secara matematis adalah sebagai berikut:

$$G = \frac{I}{V}$$

Perubahan nilai konduktansi akan menentukan naik turunnya PWM sehingga secara bertahap daya output panel surya mendekati maksimal pada perubahan tegangan input yang berbeda-beda yang dipengaruhi intensitas cahaya yang berbeda-beda. Metode Incremental Conductance pada awalnya mengambil data dari sensor berupa arus dan tegangan. Data tersebut merupakan data arus dan tegangan yang diperoleh dari output panel surya. Selanjutnya, data arus dan tegangan tersebut akan diinisialisasi variabel baru yaitu ΔV dan ΔI . Nilai ΔV adalah nilai selisih antara tegangan saat ini dengan tegangan sebelumnya, sedangkan ΔI adalah nilai selisih dari arus saat ini dengan arus sebelumnya, seperti persamaan berikut :

$$\Delta V = V_{pv(n)} - V_{pv(n-1)}$$

$$\Delta I = I_{pv(n)} - I_{pv(n-1)}$$

Kondisi titik maksimum atau Maximum Power Point (MPP) merupakan posisi dimana diperoleh daya yang maksimal pada sistem MPPT. Nilai MPP akan dicapai sesuai dengan Persamaan 2-7 yang dapat ditulis sebagai berikut :

$$\frac{\Delta I}{\Delta V} = -\frac{I}{V} \text{ merupakan kondisi pada saat mencapai titik maksimum (MPP)}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta V} > -\frac{I}{V} \text{ merupakan kondisi pada saat di sebelah kiri dari titik maksimum (MPP)}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta V} < -\frac{I}{V} \text{ merupakan kondisi pada saat di sebelah kanan titik maksimum (MPP)}$$

Kondisi MPP dapat dilacak dengan membandingkan perhitungan sesaat ($\frac{I}{V}$) dengan Incremental Conductance ($\frac{\Delta I}{\Delta V}$). Saat kondisi MPP tercapai, output panel surya akan dipertahankan pada titik tersebut, kecuali apabila jika terdapat perubahan pada ΔI yang mengindikasikan adanya perubahan kondisi MPP.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

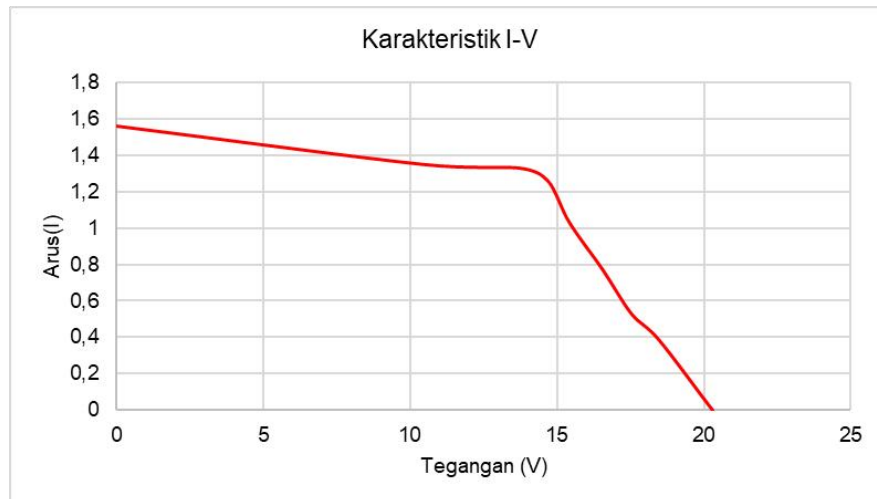
3.1 Pengujian Karakteristik Panel Surya

Pengujian dilakukan agar bisa mengetahui karakteristik arus dan tegangan yang dihasilkan panel surya. Pengujian ini dilakukan dengan cara menghubungkan panel surya dengan resistor dan mengukur arus serta tegangan yang masuk pada resistor. Selanjutnya, panel surya ditempatkan pada tempat terbuka yang langsung terkena paparan sinar matahari.

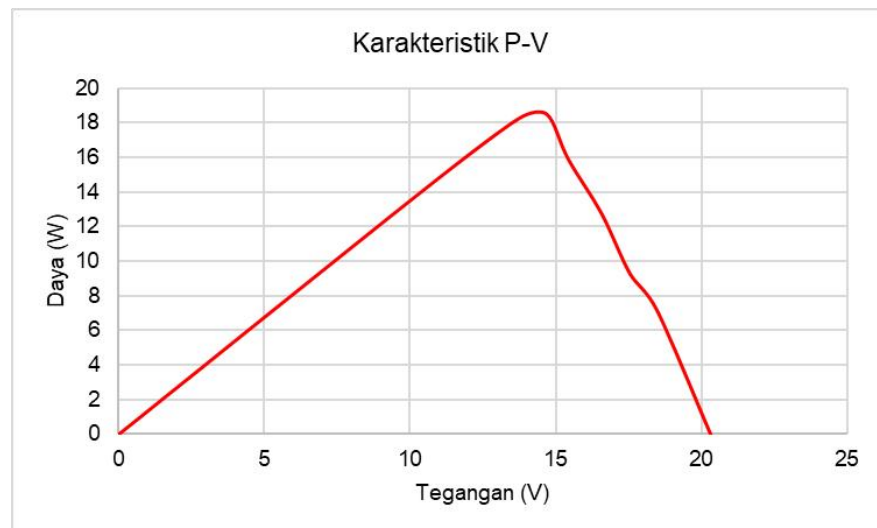
Tabel 5. Pengujian Panel Surya

R (Ω)	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (W)
Open Circuit	20.3	0	0
40	18.45	0.39	7.20
18	17.53	0.53	9.29
11	16.56	0.77	12.75
7	15.42	1.03	15.88
5	14.68	1.26	18.50
4	13.71	1.33	18.23
3	10.44	1.35	14.09
Short Circuit	0	1.56	0





Gambar 5. Kurva I-V Hasil Pengujian



Gambar 6. Kurva P-V Hasil Pengujian

3.2 Pengujian Sensor ACS712

Pengujian sensor ACS712-5 bertujuan untuk mengetahui pembacaan nilai arus sesuai dengan arus yang diberikan. Pengujian sensor ini dilakukan dengan membandingkan antara pembacaan dari sensor dengan pengukuran dengan alat ukur berupa avometer. Berikut ini merupakan data hasil uji sensor ACS712-5A.



Tabel 6. Pengujian Sensor ACS712-5A

Data	I_{INPUT} (A)	Pembacaan Arus (A)		Selisih	Error (%)
		Alat Ukur	Sensor		
1	0	0	0	0	0
2	0.5	0.5	0.5	0	0
3	1	1	1.06	0.06	5.66
4	1.5	1.5	1.61	0.11	6.83
5	2	2	2.17	0.17	7.83
6	2.5	2.5	2.67	0.17	6.37
7	3	3	3.3	0.3	9.09
8	3.5	3.5	3.7	0.2	5.41
9	4	4	4.1	0.1	2.44
10	4.5	4.5	4.6	0.1	2.17
11	5	5	5.01	0.01	0.2
Rata-rata Error Pembacaan					4.18

3.3 Pengujian Keseluruhan

Pada pengujian secara keseluruhan metode Incremental Conductance diimplementasikan pada mikrokontroler Arduino berfungsi untuk mengatur nilai duty cycle yang masuk rangkaian konverter buck boost. Nilai duty cycle tersebut dapat bertambah atau berkurang sesuai dengan algoritma incremental conductance untuk memperoleh titik daya maksimum dari panel surya. Nilai duty cycle tersebut akan selalu berubah agar dapat mempertahankan nilai titik daya maksimumnya, sehingga dapat dilihat bahwa terjadi perubahan pada tegangan, arus, dan daya.

Tabel 7. Pengujian Konverter Buck Boost dengan MPPT Incremental Conductance

Waktu	V_{INPUT} (V)	I_{INPUT} (A)	V_{OUTPUT} (V)	I_{OUTPUT} (A)	P_{INPUT} (W)	P_{OUTPUT} (W)	Efisiensi (%)
09.00	14.8	1.07	14.12	0.97	14.8	13.8	93.2
10.00	14.32	1.04	14.04	0.97	14.3	13.7	95.8
11.00	14.77	0.96	13.41	1.01	14.2	13.6	95.7
12.00	14.67	0.98	14.03	0.88	14.4	9.4	86.1
13.00	14.34	0.98	14.1	0.78	14.1	9.1	78.7
14.00	14.25	1.01	14.1	0.79	14.4	10.2	77.7
Rata-rata Efisiensi (%)							87.9

Berdasarkan data hasil pengujian diperoleh rata-rata efisiensi 87.89%.

Tabel 8. Pengujian Pengisian Aki

V_{INPUT} (V)	V_{OUTPUT} (V)	Nilai Tegangan Aki Sebelum Pengisian	Nilai Tegangan Aki Sesudah Pengisian	Durasi Pengisian
20V	14V	10.8V	13.5V	2 jam 45 menit

4. KESIMPULAN

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa converter buck boost dengan MPPT Incremental Conductance untuk memperoleh titik daya maksimum bekerja dengan baik. Rangkaian converter buck boost dengan MPPT incremental conductance mampu mempertahankan tegangan keluaran mendekati nilai acuan yaitu 14V. Hasil rata-rata efisiensi daya yang dihasilkan 87.9%, dimana daya yang dihasilkan mendekati dengan daya yang masuk. Tegangan keluaran rangkaian converter buck boost digunakan untuk pengisian aki 12V 7Ah. Kondisi awal baterai sebelum dilakukan



pengecasan memiliki tegangan awal 10.8V. Proses pengecasan berlangsung selama 2 jam 45 menit dengan tegangan yang dihasilkan setelah proses pengecasan adalah 13.5V

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tolentino, L. K. S., Abacco, D. F. P., & Siquihod, M. J. M. (2019). Efficiency Improvement of Commercially Available MPPT Controllers Using Boost Converter. arXiv preprint arXiv:1911.01524.
- [2] Ronilaya, F., Khabib A., Hidayat, M.N., Siradjudin, I., Rohadi, E., Asmara, R.A., Yudaningtyas, E. (2018). A Double Stage Micro-Inverter for Optimal Power Flow Control in Grid Connected PV System. ICOIACT.
- [3] Bharti, M., Kumar, U. (2017). Virtualization and Simulation of Incremental Conductance MPPT Based Two Phase Interleaved Boost Converter using Simulink in MATLAB. International Journal for Technological Research in Engineering (IJTRE), Volume 4, Issue 9
- [4] Wu, Y., Li, J., Li, C. (2017). Study of the Improved INC MPPT Algorithm for PV Systems. IEEE.
- [5] Dwivedi, L.K. (2017). Improve Efficiency of Photovoltaic System based by PID Controller. IRJET..
- [6] Meliala, Selamat. (2016). Analisa Tegangan Keluaran DC Step-Up Cuk Konverter Menggunakan Fuzzy Logic Kontroler. Journal of Electrical Technology, Vol.1 No.1.
- [7] Tekeshwar, P.S., Dixit, T.V. (2014). Modelling and Analysis of Perturb & Observe and Incremental Conductance MPPT Algorithm for PV Array Using Cuk Converter. IEEE.
- [8] Hasan, M., Islam, M., Shameem, A., Rana, J., & Metselaar, H. (2014). Modelling of PV Module with Incremental Conductance MPPT Controlled Buck-Boost Converter. International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, 3(2), 7239-7246
- [9] Sundareswaran, K., Sankar, P., & Simon, S. P. (2013). Fuzzy Logic Based MPPT for Photovoltaic Systems Using Boost Converters. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 63, 712-720.
- [10] Rahmani, R., Seyedmahmoudian, M., Mekhilef, S., & Yusof, R. (2013). Implementation of Fuzzy Logic Maximum Power Point Tracking Controller for Photovoltaic System. American Journal of Applied Sciences, 10, 209-218..
- [11] Koutroulis, E., & Blaabjerg, F. (2012). A New Technique for Tracking the Global Maximum Power Point of PV Arrays Operating Under Partial-Shading Conditions. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 61(11), 6318-6328.
- [12] Yadav, A., & Nema, R. K. (2014). A Revised Incremental Conductance MPPT Algorithm for Solar PV System. arXiv preprint arXiv:1405.4890.
- [13] Safari, A., & Mekhilef, S. (2011). Implementation of Incremental Conductance Method with Direct Control. IEEE, 978-1-4577-0255-6.

