

Desain Maximum Power Point Tracking (MPPT) pada Topologi DC-DC Boost Converter Sistem Fotovoltaik

Erlillah Rizqi Kusuma Pradani*

Universitas Islam Raden Rahmat Malang

*Penulis Korespondensi, email: erlillahrkp@gmail.com

Received: 30/07/2024

Revised: 01/08/2024

Accepted: 02/08/2024

Abstract. The Photovoltaic system (PV) is a system that converts direct sunlight into electrical energy using photovoltaic (PV) cell technology found in solar panels. By harnessing sunlight as the primary energy source, PV systems can help reduce greenhouse gas emissions and air pollution generated by conventional fossil fuel-based power plants. The Photovoltaic system is designed and supported using several key components including: solar panels, inverters, a charge controller which incorporates a DC-DC Boost Converter circuit, and a battery bank. The Maximum Power Point Tracking (MPPT) method in this system is used to optimize the performance of solar panels by maximizing the power generated under varying sunlight conditions. By employing a DC-DC Boost Converter in PV systems, the efficiency of the solar panel system can be enhanced as the generated power can be optimized and tailored to meet the needs of usage or energy storage systems. According to this study, the boost converter circuit design results in an input range of $V_{in} = 8$ volts to 13 volts, and an output range of $V_{out} = 12$ volts to 13.5 volts. Charging a battery with specifications of 12 volts 6 AH requires approximately 8 hours.

Keywords: Photovoltaic system, DC – DC boost converter, MPPT, Battery

Abstrak. Photovoltaic system (PV) merupakan sistem yang mengkonversi energi cahaya matahari langsung menjadi energi listrik menggunakan teknologi sel-sel photovoltaic (PV cells) yang terdapat dalam panel surya. Dengan memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber energi utama, PV system dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca dan polusi udara yang dihasilkan oleh pembangkit listrik konvensional berbasis bahan bakar fosil. Photovoltaic system akan dirancang dan didukung dengan menggunakan beberapa komponen utama yang terdiri dari: Panel surya, Inverter, Charge controller yang didalamnya menggunakan rangkaian Dc – Dc Boost Converter, serta battery bank. Metode perhitungan MPPT (maximum Power Point Tracking) pada system ini digunakan untuk mengoptimalkan kinerja panel surya dengan memaksimalkan daya yang dihasilkan oleh panel surya pada setiap kondisi cahaya matahari yang berbeda. Dengan menggunakan DC-DC Boost Converter pada PV, efisiensi sistem panel surya dapat ditingkatkan karena daya yang dihasilkan dapat dioptimalkan dan disesuaikan dengan kebutuhan sistem penggunaan atau penyimpanan energi yang terkait. Dari penelitian ini rangkaian boost converter menghasilkan sebuah rancangan berupa $V_{in} = 8$ volt sampai dengan 13 volt, $V_{out} = 12$ volt sampai 13.5 volt. Pengisian Battery dengan spesifikasi 12 volt 6 AH memerlukan waktu pengisian kurang lebih 8. Pada sistem ini didapat waktu yang lebih cepat dalam pengisian battery dibandingkan dengan pengisian langsung tanpa adanya charge controller.

Kata Kunci: Photovoltaic system, DC – DC boost converter, MPPT, Battery.

I. PENDAHULUAN

Tenaga Listrik merupakan salah satu jenis energi yang sangat diperlukan dalam Pembangunan [1]. Listrik telah menjadi salah satu kebutuhan primer dalam keberlangsungan kehidupan manusia, setiap sendi kehidupan manusia melibatkan energi listrik di dalamnya. Penambahan populasi manusia yang

begitu cepat juga berdampak pada meningkatnya produksi Listrik. Untuk mengatasi hal ini, Indonesia perlu melakukan inovasi dalam energi terbarukan. Peningkatan tingkat emisi gas rumah kaca dan biaya bahan bakar adalah salah satu alasan di balik upaya untuk menggunakan berbagai sumber energi terbarukan [2]. Sinar matahari bisa menjadi salah

satu alternatif. Hal ini didukung dengan Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki intensitas sinar matahari yang cukup besar. Matahari adalah sumber energi alternative terbesar yang di dapat oleh bumi, dari seluruh cahaya matahari yang di pancarkan ke bumi hanya 30% yang kembali keluar angkasa[3]. Oleh karena itu diharapkan dapat membantu memenuhi kebutuhan energi listrik dengan menggunakan sel surya sebagai pengubah radiasi matahari menjadi listrik atau bisaa disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya [4].

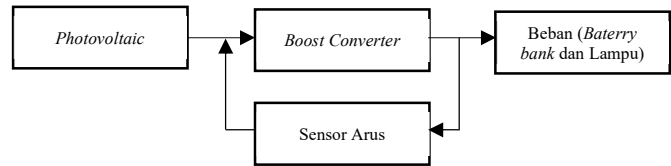
Photovoltaic system (PV) merupakan sistem yang mengkonversi energi cahaya matahari langsung menjadi energi listrik menggunakan teknologi sel-sel photovoltaic (PV cells) yang terdapat dalam panel surya. Photovoltaic tenaga matahari melibatkan pembangkit listrik dari Cahaya [5]. Walaupun radiasi matahari merupakan salah satu energi yang paling mudah kita dapatkan, tetapi dalam proses pengkonversiannya sangat dipengaruhi oleh keadaan sekitar [6]. Sinar matahari yang akan diterima oleh *photovoltaic* akan menurun saat cuaca tidak cukup cerah atau berawan, hal ini akan berpengaruh pada tegangan yang akan dihasilkan oleh *photovoltaic*. Agar memperoleh hasil yang maksimal maka dibutuhkan MPPT (*Maximum Power Point Tracking*). MPPT berfungsi untuk memaksimalkan energi yang dihasilkan oleh solar cell dalam setiap kondisi, sehingga meningkatkan efisiensi solar cell[7].

Konverter boost adalah konverter DC-DC yang menghasilkan tegangan output lebih tinggi dari tegangan input [8]. Tujuan dari penggunaan boost – converter ini adalah untuk mendapatkan tegangan keluaran yang lebih stabil dengan cara mengatur duty cycle.

II. METODOLOGI

Pada bab ini akan memaparkan perencanaan sistem Desain Maximum Power Point Tracking (MPPT) pada Topologi DC-DC Boost Converter.

Sistem Fotovoltaik. Pada gambar 1 merupakan diagram blok pada sistem ini.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Pada bagian ini akan membahas tentang perencanaan komponen – komponen yang akan digunakan, berikut komponen yang akan digunakan:

1. *Photovoltaic* yang akan digunakan pada sistem ini adalah *photovoltaic* dengan tipe *polycrystalline* dengan kapasitas 50 Wp.
2. Topologi *boost converter* akan digunakan sebagai rangkaian *charge controller* yang bertujuan untuk menaikkan input agar tercapai tegangan output yang diinginkan, yaitu sesuai dengan kebutuhan battery sebesar 13 volt. Pada sistem ini rangkakan *boost converter* memiliki spesifikasi sebagai berikut :

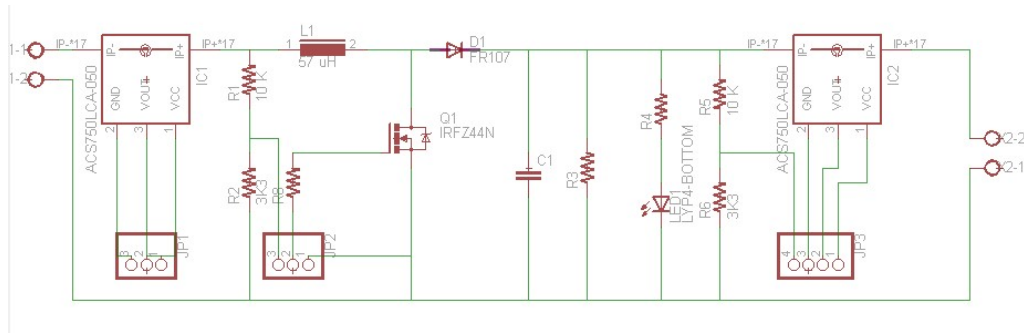
- $V_{in} = 8\text{ V} - 12\text{ V}$
- $V_{out} = 12\text{ V}$, $V_{ripple} = 0.2\text{ V}$
- $I_{out} = 2\text{ A}$
- $f_{switch} = 23000\text{ H}$

Komponen elektronika yang digunakan pada rangkaian *boost converter* tercantum pada tabel 1.

Tabel 1. Komponen Elektronika

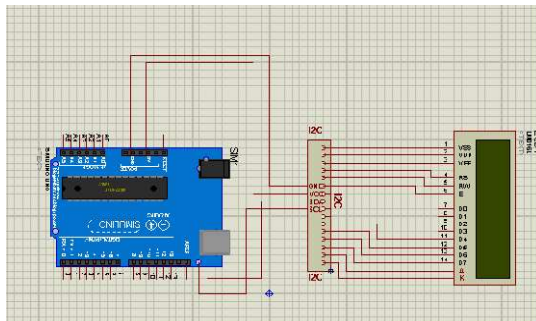
No	Komponen	Keterangan
1.	Kapasitor	220 μF
2.	MOSFET N-Chanel	IRFZ44N
3.	Dioda 1A	FR107
4.	Sensor Arus	ACS ACS712
5.	Induktor	57 μH

Pada gambar 2 merupakan gambar rangkaian skematik dari rangkaian *boost converter*



Gambar 2. Rangkaian Skematik Boost Converter

3. *Battery bank* pada sistem ini digunakan sebagai beban sekaligus digunakan sebagai sumber pada beban lain yang dimana pada sistem ini lampu DC digunakan sebagai beban lain tersebut. Pada sistem ini menggunakan *battery bank* dengan jenis *lead acid battery* sebesar 12 v 6 Ah.
4. Perancangan LCD juga diperlukan pada sistem ini, LCD digunakan untuk menampilkan beberapa menu, yaitu Tegangan Masukan (V_{in}), Tegangan *Battery* (V_{bat}), Arus masukan (I_{in}) dan Arus Keluaran (I_{out}) pada *battery*. LCD dihubungkan dengan modul I2C (*Inter Integrated Circuit*), hal ini bertujuan untuk meminimalkan penggunaan pin pada Arduino uno.



Gambar 3. Rangkaian skematik LCD menggunakan I2C

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan memuat hasil dari penelitian Desain Maximum Power Point Tracking (MPPT) pada Topologi DC-DC Boost Converter Sistem Fotovoltaik. Pada bab ini akan menyajikan hasil dari pengujian – pengujian setiap komponen yang ada pada diagram blok tertera pada gambar 1.

A. Pengujian Photovoltaic

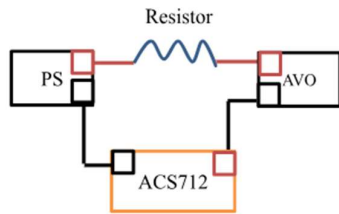
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan dan arus yang dihasilkan oleh *Photovoltaic*[10]. Pada pengujian ini *photovoltaic* tidak dihubungkan pada beban ataupun rangkaian lainnya. Alat ukur voltmeter, amperemeter, termometer dan lux meter digunakan pada pengujian ini. Pengujian ini dilakukan pukul 06.00 WIB sampai dengan 18.00 WIB. Pada Tabel 2 merupakan hasil dari pengujian *photovoltaic*.

Tabel 2. Hasil Pengujian *Photovoltaic*

Waktu	Intensi tas Cahaya	Suhu	V (V)	I (A)	Ket
6:00	3000	24° C	8.35	0.005	Cerah
7:00	15000	24° C	19.52	0.45	Cerah
8:00	21200	28° C	19.80	1.05	Cerah
9:00	24500	29° C	19.84	1.35	Cerah
10:00	49900	37° C	19.91	1.20	Cerah
11:00	30600	34° C	19.87	2.67	Cerah
12:00	26500	38° C	19.83	1.90	Berawan
13:00	21800	38° C	19.81	1.05	Berawan
14:00	59500	34° C	19.94	1.88	Berawan
15:00	45300	36° C	19.87	0.25	Berawan
16:00	21800	25° C	15.18	0.35	Hujan
17:00	3250	25° C	10.48	0.019	Hujan
18:00	435	23° C	0.8	0	Petang

B. Pengujian Sensor Arus

Pada pengujian sensor arus dapat dilakukan dengan cara mengkalibrasi menggunakan amperemeter dengan sumber listrik power supply digital.



Gambar 4. Rangkaian pengujian sensor arus

Tabel 2 merupakan hasil dari pengkalibrasian pembacaan nilai ADC mikrokontroler dengan Ampere meter. Dimana nilai ADC tersebut dihitung menggunakan rumus persamaan linear dengan ampere meter sebagai pembandingnya. dari perhitungan tersebut didapat hasil pembacaan sensor arus yang dibandingkan dengan ampere meter pada tabel 3. Nilai error dapat dilihat juga pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Kalibrasi Sensor

Vin	Iout	ADC	Ket.
8	7.9	725	R = 1 ohm
9	8.84	752	
10	9.75	803	
11	10.67	829	
12	11.50	829	

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor Arus

Vin (V)	Arus Aktual (A)	Arus Sensor (A)	Error (%)
5	0.83	0.82	1.21
7	1.15	1.12	2.60
8	1.38	1.38	0
9	1.50	1.48	1.35

Pada Tabel 4 dapat dilihat bila error pada pembacaan sensor tidak besar. Jika dirata – rata, nilai error total sebesar 1.29 %. Hal ini membuktikan bahwa sensor Arus ACS712 yang akan digunakan pada penelitian ini layak. Hal ini sesuai dengan toleransi error Sensor Arus ACS712 yang tercantum pada datasheet sebesar 1.5%

C. Pengujian Boost Converter

Pada sub bab ini akan menjelaskan tentang pengujian respon rangkaian boost converter dari tegangan masukan berdasarkan perancangan yang telah dilakukan. Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan terminal input dengan power supply dan *photovoltaic*. Terminal output akan dihubungkan dengan beban berupa *battery* untuk dapat mengaktifkan rangkaian *boost – converter* dan pengukuran dilakukan tanpa menggunakan Avometer, sebab LCD akan menampilkan hasilnya. Terminal output lainnya juga di hubungkan dengan beban lainnya berupa kipas. Hasil dari pengujian ini tertera pada Tabel 5. Data pada tabel 5 menunjukkan bahwa tegangan masukan berhasil dinaikkan sebesar 14 V sesuai dengan yang diinginkan oleh penulis. Pada pengujian ini didapat error sebesar 0.5 %. Data ini menunjukkan bahwa rangkaian boost converter berhasil.

Tabel 5. Hasil Pengujian Boost Converter

Vin (V)	Iin (A)	Vbat (V)	Iout (A)	Duty (%)
7	0.17	14.01	0.9	68
7.5	0.17	14.01	0.9	63
8	0.17	13.98	0.7	59
8.5	0.17	13.96	0.7	55
9	0.17	14.06	0.7	51
9.5	0.17	14.06	0.57	48
10	0.17	14.12	0.57	44
10.5	0.17	14.06	0.57	40
11	0.17	14.06	0.53	37
11.5	0.17	14.06	0.43	34
12	0.17	14.12	0.43	30

D. Pengujian Pengisian Battery Secara Langsung

Pada pengujian pengisian baterai secara langsung dilakukan dengan cara menyambungkan kabel jumper yang telah dibuat dengan baterai aki 12 volt 6 Ah. Pengujian dilakukan selama 5 jam dimulai pada pukul 08.00 WIB sampai dengan 13.00 WIB.

Dari hasil pengujian pada tabel 6 dapat disimpulkan bahwa rata – rata besaran arus pada *photovoltaic* sebesar 2.52 A. Dengan menggunakan sistem pengisian battery ini dalam satu hari

photovoltaic mampu melakukan pengisian battery bank sebesar 95 %. Perubahan nilai arus dan tegangan dapat terjadi akibat berbagai faktor, akan tetapi faktor terbesar dari perubahan nilai arus dan tegangan pada sebuah *photovoltaic* ialah pada suhu dan intensitas cahaya matahari.

Tabel 6. Hasil Pengisian battery secara langsung

Waktu	Vin (V)	I in (A)	V bat (V)
08.00	9.10	1.59	12.25
09.00	9.45	1.45	12.30
10.00	10.05	1.44	12.33
11.00	10.50	1.74	12.35
12.00	11.55	1.44	12.30
13.00	12.45	1.55	12.31

Pada tabel 6 didapat nilai rata – rata arus yaitu sebesar 1.52 A. Untuk perhitungan nilai pengisian baterai aki dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Lama Pengisian aki} &= \frac{\text{Arus kapasitas Aki}}{\text{Photovoltaic}} \quad (1) \\ &= \frac{6 \text{ AH}}{1.52 \text{ A}} \\ &= \pm 3.9 \text{ H} \end{aligned}$$

Dari perhitung didapat bahwa *battery bank* memerlukan waktu selama 3 Jam 54 menit untuk memenuhi kapasitas maksimalnya dengan menggunakan sumber *photovoltaic*.

E. Pengujian pengisian battery menggunakan boost converter

Pada sub ini, pengujian yang dilakukan merupakan pengujian terakhir Dimana melakukan pengujian pengisian *battery bank* dengan menggunakan rangkain boost converter sebagai *charger controller*. Tabel 7 merupakan hasil dari pengujian pada sub ini.

Tabel 7. Hasil pengisian dengan menggunakan boost converter

Waktu	Vin (V)	I in (A)	V bat (V)
08.00	9	2.59	12.25
09.00	9.45	2.45	12.30
10.00	10	2.44	12.13
11.00	10.50	2.74	12.35
12.00	11	2.44	12.20
13.00	12	2.55	12.01

Pada tabel 7 didapat nilai rata – rata arus yaitu sebesar 2.52 A. Untuk perhitungan nilai pengisian baterai aki dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Lama Pengisian aki} &= \frac{\text{Arus kapasitas Aki}}{\text{Photovoltaic}} \quad (2) \\ &= \frac{6 \text{ AH}}{2.52 \text{ A}} \\ &= \pm 2.4 \text{ H} \end{aligned}$$

Dari perhitung didapat bahwa *battery bank* memerlukan waktu selama 2 Jam 24 menit untuk memenuhi kapasitas maksimalnya dengan menggunakan sumber *photovoltaic*. Dari pengujian membuktikan bahwa dengan menggunakan boost converter membuat pengisian battery bank lebih cepat.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian membuktikan bahwa penggunaan rangkain boost – converter sebagai charge control dapat memaksimalkan tegangan keluaran serta durasi waktu pengisian battery bank. Pada penelitian *photovoltaic* ini membuktikan bahwa suhu dan intensitas Cahaya sangat mempengaruhi nilai tegangan serta nilai arus keluarannya. rangkaian *boost converter* memiliki spesifikasi yang didapat melalui perhitungan rumus dan menghasilkan sebuah rancangan berupa Vin = 8 volt sampai dengan 13 volt, Vout = 12 volt sampai 13.5 volt. Pada sistem ini didapat waktu yang lebih cepat dalam pengisian battery dibandingkan dengan pengisian langsung tanpa adanya *charge controller*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan banyak terimakasih pada Universitas Islam Raden Rahmat Malang karena telah memberikan dukungan penuh pada penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Armanah, Jopan Desandra, et al. "Unjuk kerja Karakteristik Tegangan Arus dan Daya pada Panel Surya Terhadap Variasi Radiasi Surya Menggunakan Matlab Simulink." *Prosiding Seminar Nasional NCIET*. Vol. 2. No. 1. 2021.
- [2] P. V. Rosu, A. T. Plesca, G. Gabor, and G. Chiriac, "Optimizing the Operation of

- Photovoltaic Panel Systems,” EPE 2020 -Proc. 2020 11th Int. Conf. Expo.Electr. Power Eng., no. Epe, pp. 318–321, 2020.
- [3] Pratama, Dhelmiga, and Asnil Asnil. "Sistem Monitoring Panel Surya Secara Realtime Berbasis Arduino Uno." *MSI Transaction on Education* 2, no. 1 (2021): 19-32.
- [4] A. N. Achadiyah, M. Suseno, and A. Sari, “Perancangan Solar Tracker Photovoltaic Cells Dengan Metode Fuzzy Logic,” *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 2, no. 2, pp. 37–41, 2019
- [5] Idris, Mahmud. "Rancang panel surya untuk instalasi penerangan rumah sederhana daya 900 watt." *Jurnal Elektronika Listrik Dan Teknologi Informasi Terapan* 1.1 (2019): 17-22.
- [6] Kaware, Dennis, Hanny H. Tumbelaka, and Murtiyanto Santoso. "ANALISA EFISIENSI PENGGUNAAN MPPT PADA SOLAR CELL." *SinarFe7* 1.1 (2018): 276-280.
- [7] I. Gordon, "Solar Energy Materials & Solar Cells," 2018. *SinarFe7* -1280
- [8] Sutrisno, Anugrah Prasetyo, and RB Moch Gozali. "Perancangan Konverter Boost Kuadratik Pada Solar Panel Menggunakan Kontrol PID." *SinarFe7* 5.1 (2022): 66-71.
- [9] Pradani, Erlillah Rizqi Kusuma, Indah Martha Fitriani, and Ridho Herasmara. "Perancangan Sistem Pemantauan Kondisi Air Pada Kolam Ikan Nila Berbasis Internet Of Thing." *Metrotech (Journal of Mechanical and Electrical Technology)* 1.3 (2022): 111-116.
- [10] Azmi, Tanika Berliana Ghaisa, et al. "Analisis Perbandingan Efisiensi Buck-Boost Converter Dengan Cuk Converter Pada Panel Surya." *KOLONI* 3.2 (2024): 82-87.