

RANCANG BANGUN BUCK BOOST CONVERTER PADA PHOTOVOLTAIC UNTUK POMPA AIR MOTOR DC KOLAM IKAN

Naufal Farkhan Muflikh, Riny Sulistyowati*

^{1,2)} Departement Teknik Elektro, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya, Indonesia
Email: naufalfarkhan10@gmail.com, riny.971073@itats.ac.id.

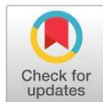
Info Artikel

Histori Artikel:

Diterima Mar 21, 2025

Direvisi Sep 20, 2025

Disetujui Okt 27, 2025

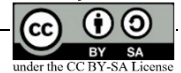


ABSTRACT

Solar energy plays an important role in reducing dependence on fossil fuels. However, fluctuations in sunlight intensity cause power variations in solar panels. This research aimed to develop a Buck-Boost Converter system to stabilize the voltage on solar panels that could support the operation of water pumps in fish ponds. This system used Arduino-based hardware and control. The researcher conducted research through literature studies, photovoltaic (PV) system design, Buck-Boost Converter circuit, device testing, and data analysis. The researcher used the main components, including 100 Wp solar panels, Buck-Boost Converter, Arduino Uno, INA219 sensor, and DC motor pump. The researcher tested the system for seven days to observe the stability of voltage and power under various lighting conditions. The test results showed that the Buck-Boost Converter could maintain voltage stability with an average power of 56.4 W or about 65.7% of the solar panel capacity. The system efficiently charged the 12V battery to power the water pump. This technology was suitable for environmentally friendly and energy-efficient, renewable energy-based aquaculture applications, with great potential to support the development of renewable energy systems in the aquaculture sector.

Keywords: Buck-Boost Converter, Photovoltaic, water pump, renewable energy, energy efficiency

This is an open access article



ABSTRAK

Energi surya berperan penting dalam mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Namun, fluktuasi intensitas cahaya matahari menyebabkan variasi daya pada panel surya. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem Buck-Boost Converter untuk menstabilkan tegangan pada panel surya, yang mendukung pengoperasian pompa air di kolam ikan. Sistem ini menggunakan perangkat keras dan kontrol berbasis Arduino. Penelitian dilakukan melalui studi literatur, desain sistem photovoltaic (PV), rangkaian Buck-Boost Converter, pengujian perangkat, dan analisis data. Komponen utama yang digunakan meliputi panel surya 100 Wp, Buck-Boost Converter, Arduino Uno, sensor INA219, dan pompa motor DC. Pengujian sistem dilakukan selama tujuh hari untuk mengamati kestabilan tegangan dan daya pada berbagai kondisi pencahayaan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Buck-Boost Converter mampu menjaga kestabilan tegangan dengan rata-rata daya yang dihasilkan sebesar 56,4 W, sekitar 65,7% dari kapasitas panel surya. Sistem ini efisien dalam mengisi baterai 12V untuk menghidupkan pompa air. Teknologi ini cocok untuk aplikasi akuakultur berbasis energi terbarukan yang ramah lingkungan dan hemat energi, dengan potensi besar untuk mendukung pengembangan sistem energi terbarukan di sektor akuakultur.

Kata Kunci: Buck-Boost Converter, Photovoltaic, pompa air, energi terbarukan, efisiensi energi.

Penulis Korespondensi:

Riny Sulistyowati,
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro dan
Teknologi Informasi,
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya,
Jl. Arief Rahman Hakim No.100, Klampis Ngasem, Kec. Sukolilo,
Surabaya, Jawa Timur 60117.
riny.971073@itats.ac.id



1. PENDAHULUAN

Energi panas matahari merupakan salah satu sumber energi alternatif yang tengah gencar dikembangkan oleh pemerintah Indonesia karena memiliki potensi yang sangat besar dan berkelanjutan. Potensi ini didukung oleh kondisi geografis Indonesia yang terletak di wilayah khatulistiwa dengan karakteristik iklim tropis, sehingga memperoleh intensitas penyinaran matahari rata-rata selama 10 hingga 12 jam per hari. Pada kondisi cuaca cerah, permukaan bumi di wilayah Indonesia dapat menerima energi radiasi matahari sekitar 1000 W/m^2 , menjadikannya salah satu sumber energi terbarukan paling prospektif untuk dimanfaatkan dalam sistem pembangkitan listrik.

Energi panas matahari dapat dikonversi menjadi energi listrik melalui penggunaan sel surya (solar cell), yang berfungsi mengubah energi foton dari cahaya matahari menjadi energi listrik secara langsung melalui efek fotovoltaiik. Karena sumber energi ini bersifat melimpah dan tidak terbatas, pemanfaatannya dianggap strategis untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi berbasis fosil. Namun, untuk mengoptimalkan proses konversi energi matahari menjadi energi listrik, diperlukan sistem pengendalian daya yang efisien [1-2]. Berbagai penelitian telah mengusulkan pendekatan yang berbeda, di antaranya penggunaan sensor pengukuran tegangan dan arus, serta penerapan *converter* DC-DC tipe boost sebagai penguat tegangan. Metode *boost converter* bekerja dengan prinsip menaikkan tegangan input yang relatif rendah menjadi tegangan output yang lebih tinggi sesuai kebutuhan sistem [3-5]. Selain itu, penggunaan mikrokontroler yang dipadukan dengan sensor suhu dan teknologi Internet of Things (IoT) telah banyak diterapkan dalam penelitian terkini [6-10], untuk meningkatkan efisiensi pemantauan dan pengendalian sistem tenaga surya secara real-time.

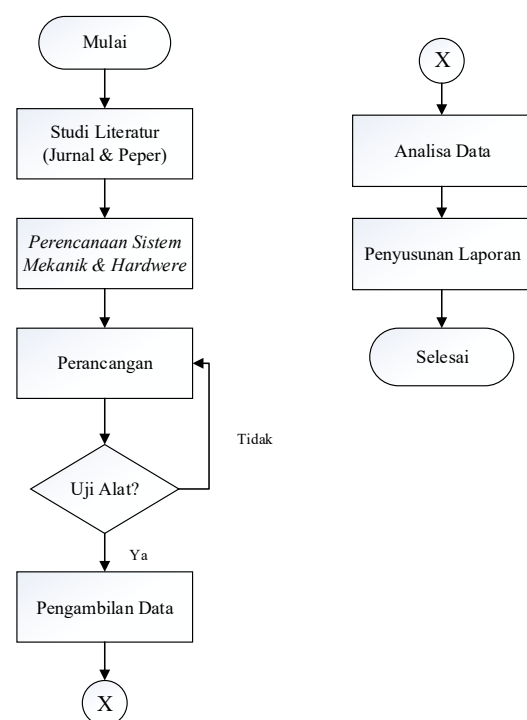
Meskipun demikian, panel surya memiliki keterbatasan inheren, yaitu daya listrik yang dihasilkan sangat bergantung pada intensitas cahaya matahari dan sudut datang radiasi terhadap permukaan panel. Variasi kondisi pencahayaan menyebabkan fluktuasi tegangan dan arus keluaran yang dapat memengaruhi kestabilan daya sistem. Oleh karena itu, diperlukan suatu perangkat pengendali yang mampu menstabilkan tegangan keluaran agar sistem penyimpanan energi maupun beban listrik dapat beroperasi secara optimal. Salah satu solusi yang banyak digunakan adalah *buck-boost converter*, yakni rangkaian elektronik yang dapat menaikkan (*boost*) maupun menurunkan

(*buck*) tegangan sesuai kondisi input dengan mengatur nilai *duty cycle* pada komponen *switching*-nya [11-15].

Pada saat intensitas cahaya matahari menurun dan tegangan keluaran panel surya turun di bawah ambang batas yang diinginkan, *converter* akan beroperasi dalam mode boost untuk meningkatkan level tegangan hingga mencapai nilai nominal. Sebaliknya, ketika intensitas cahaya tinggi dan tegangan keluaran panel melebihi batas optimal, *converter* akan berpindah ke mode buck untuk menurunkan tegangan agar sesuai dengan kebutuhan beban. Dalam penelitian ini, beban yang digunakan berupa motor DC kolam ikan, yang membutuhkan kestabilan tegangan agar dapat beroperasi secara efisien dan berkelanjutan [16]. Dengan demikian, penerapan sistem *buck-boost converter* pada panel surya tidak hanya berfungsi sebagai pengatur tegangan, tetapi juga sebagai elemen kunci dalam menjaga keandalan dan efisiensi konversi energi listrik dari sumber energi surya.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini meliputi studi literatur, perancangan sistem mekanik dan perangkat keras, pengujian, serta pengambilan data untuk menganalisis kinerja alat. Proses dilakukan secara bertahap mulai dari perancangan hingga evaluasi hasil guna memastikan sistem berfungsi sesuai spesifikasi. Alur keseluruhan penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian ini tentu sangat diperlukan perlengkapan berupa alat dan bahan agar penelitian tetap bisa berjalan dengan yang diharapkan, Adapun

alat dan bahan penelitian yang digunakan dapat dilihat pada [Tabel 1](#) dibawah ini:

Tabel 1 Spesifikasi Bahan Penelitian

No.	Nama Alat	Spesifikasi
1	PV (Photovoltaic)	Polycrystalline, 100 WP
2	Sensor INA219	Resolusi 12-bit, Power supply 3.3v – 5 V, Pengukuran tegangan 0 – 26 V, Pengukuran arus 0 – 3.2A
3	Arduino Uno	Input Tegangan (disarankan) 7V-12V, Input Tegangan (batas) 6V-20V.
4	Converter (Buck-Boost)	Output current max 5A, Input voltage 6-40V, Output 1.2-36V
5	Motor pompa air kolam ikan	WP-105 Water Pump, Power 65 Watt
6	Inverter	Power STEC Inverter 1000 watt, DC 20V – AC 220V, 50 Hz

Tabel 2 Spesifikasi Modul Buck-Boost Converter

No.	Spesifikasi	Keterangan
1	Buck-Boost	Converter
2	5-32 V	Tegangan masukan
3	1,2-35 V	Tegangan Keluaran
4	5 A (maks)	Arus Masukan

Agar buck-boost converter dapat bekerja dengan baik, maka dilakukan perhitungan. Duty cycle yang dibutuhkan untuk menghasilkan tegangan keluaran

± 12 V dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$D = \frac{v_o}{v_{in}} = \frac{12}{24} = 0,5 \quad (1)$$

Tabel 3 Parameter Buck-Boost Converter

No.	Parameter	Nilai
1	Vinput	0-24V
2	Voutput	± 12 V
3	Iinput	4A
4	Frekuensi	400 kHz
5	Resistansi	6 Ω
6	Induktor	2 μ H
7	Kapasitor	100 μ F

Parameter – parameter dari perancangan rangkaian Buck-Boost Converter yang juga digunakan berdasarkan nilai yang tersedia di pasaran dan yang telah digunakan pada simulasi PSIM.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Penelitian

Berikut adalah hasil dari perancangan sistem panel surya yang telah berhasil direalisasikan melalui serangkaian proses perakitan seluruh komponen utama yang berfungsi dalam sistem ini. Komponen utama tersebut meliputi panel surya sebagai sumber energi utama, buck-boost converter yang berperan dalam menyesuaikan tegangan, sensor yang digunakan untuk pengukuran tegangan dan arus, baterai yang berfungsi sebagai penyimpan energi, serta beban yang terhubung melalui sistem kontrol yang dirancang dengan cermat. Rangkaian

keseluruhan dirancang dengan mempertimbangkan berbagai aspek penting, seperti efisiensi dalam penyaluran daya, kestabilan tegangan keluaran yang ditargetkan, serta kemudahan dalam pemantauan selama proses pengujian. Konfigurasi sistem yang telah dikembangkan ini memungkinkan sistem untuk beroperasi secara otomatis dan dapat menyesuaikan diri dengan kondisi tegangan input yang berasal dari panel surya, guna memenuhi kebutuhan beban yang tersedia melalui pengaturan kerja pada konverter yang telah diimplementasikan. Secara visual, hasil dari perancangan secara lengkap alat beserta integrasi setiap komponen yang ada ditunjukkan pada [Gambar 2](#), yang menampilkan susunan sistem panel surya, unit kendali yang bekerja sinergis, serta jalur distribusi daya yang terhubung secara fungsional, sehingga membentuk satu kesatuan sistem rancang bangun alat secara keseluruhan.



Gambar 2 Rancang Bangun Alat Secara Keseluruhan

Setelah menyelesaikan proses perakitan sistem panel surya, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian untuk mengevaluasi kinerja dan efisiensi dari sistem yang telah dibangun. Pengujian dilakukan dari jam 8 pagi sampai jam 16 sore dengan hasil dari pengujian ditampilkan pada tabel [Tabel 4](#) berikut.

Tabel 4 Hasil Pengukuran Tegangan Dan Arus Pada Panel Surya

Hari	Tanggal	Jam	Tegangan (V)	arus (A)
Senin	04/03/2024	08:00:01	9,4	3,1
Senin	04/03/2024	08:15:04	9,8	3,1
Senin	04/03/2024	08:30:07	9,8	3,5
Senin	04/03/2024	08:45:10	9,5	3,5
Senin	04/03/2024	09:00:13	18,7	3,5
Senin	04/03/2024	09:15:16	18,7	3,7
Senin	04/03/2024	09:30:19	18,8	3,7
Senin	04/03/2024	09:45:22	18,8	3,7
Senin	04/03/2024	10:00:25	18,8	4,1
Senin	04/03/2024	10:15:28	18,8	4,1
Senin	04/03/2024	10:30:31	18,8	4,1
Senin	04/03/2024	10:45:34	18,6	4,5
Senin	04/03/2024	11:00:37	18,6	4,5
Senin	04/03/2024	11:15:40	18,5	4,7
Senin	04/03/2024	11:30:43	18,5	4,7
Senin	04/03/2024	11:45:46	18,2	4,7
Senin	04/03/2024	12:00:49	18,2	4,4
Senin	04/03/2024	12:15:52	18,2	4,4
Senin	04/03/2024	12:30:55	18,2	4,4
Senin	04/03/2024	12:45:58	17,7	4,4
Senin	04/03/2024	13:01:01	17,7	4,4
Senin	04/03/2024	13:16:04	17,7	4,3
Senin	04/03/2024	13:31:07	18,5	4,3
Senin	04/03/2024	13:46:10	18,5	4,3
Senin	04/03/2024	14:01:13	18,5	4,3
Senin	04/03/2024	14:16:16	18,5	4,3
Senin	04/03/2024	14:31:19	17,2	3,8
Senin	04/03/2024	14:46:22	10,3	3,5
Senin	04/03/2024	15:01:25	10,3	3,5
Senin	04/03/2024	15:16:28	9,6	3,7
Senin	04/03/2024	15:31:31	10,1	2,6
Senin	04/03/2024	15:46:34	10,7	2,5
Senin	04/03/2024	16:01:37	10,4	2,2
Senin	04/03/2024	16:16:40	9,8	2,1

Setelah berhasil melakukan pengukuran tegangan dan arus pada panel surya dan mencatatnya ke dalam [Tabel 4](#), langkah selanjutnya adalah melaksanakan pengujian secara menyeluruh

terhadap Buck-Boost Converter. Data hasil pengujian yang diperoleh kemudian dicatat dan tulis di dalam [Tabel 5](#) untuk selanjutnya dianalisis lebih lanjut pada bab pembahasan selanjutnya.

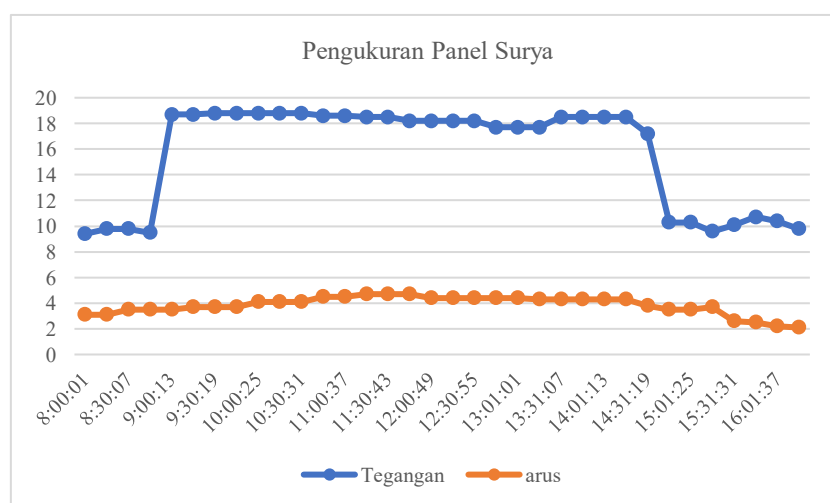
Tabel 5 Hasil Pengujian *Buck-Boost Converter*

Jam	Tegangan Input (V)	Tegangan Output (V)	Arus (A)	Error Tegangan (V)
08:00:01	9,4	11,7	3,1	0,3
08:15:04	9,8	11,9	3,1	0,1
08:30:07	9,8	11,9	3,5	0,1
08:45:10	9,5	11,5	3,5	0,5
09:00:13	18,7	12	3,5	0
09:15:16	18,7	12	3,7	0
09:30:19	18,8	12	3,7	0
09:45:22	18,8	12	3,7	0
10:00:25	18,8	12	4,1	0
10:15:28	18,8	12	4,1	0
10:30:31	18,8	12	4,1	0
10:45:34	18,6	12	4,5	0
11:00:37	18,6	12	4,5	0
11:15:40	18,5	12	4,7	0
11:30:43	18,5	12	4,7	0
11:45:46	18,2	12	4,7	0
12:00:49	18,2	12	4,4	0
12:15:52	18,2	12	4,4	0
12:30:55	18,2	12	4,4	0
12:45:58	17,7	12	4,4	0
13:01:01	17,7	12	4,4	0
13:16:04	17,7	12	4,3	0
13:31:07	18,5	12	4,3	0
13:46:10	18,5	12	4,3	0
14:01:13	18,5	12	4,3	0
14:16:16	18,5	12	4,3	0
14:31:19	17,2	12	3,8	0
14:46:22	10,3	11,6	3,5	0,4
15:01:25	10,3	11,6	3,5	0,4
15:16:28	9,6	11,4	3,7	0,6
15:31:31	10,1	11,5	2,6	0,5
15:46:34	10,7	11,9	2,5	0,1
16:01:37	10,4	11,7	2,2	0,3
16:16:40	9,8	11	2,1	1

3.1 Pembahasan Hasil Penelitian

Setelah mengumpulkan data dari pengujian yang tercantum dalam Tabel 4, langkah selanjutnya adalah mengonversi data tersebut menjadi grafik. Konversi ini bertujuan untuk menyajikan informasi dalam bentuk visual yang lebih mudah dipahami dan dianalisis, sehingga memudahkan dalam

pengamatan hasil pengujian. Grafik yang ditampilkan pada Gambar 3 menunjukkan berbagai parameter yang telah diuji, seperti tegangan input dari panel surya, arus yang dihasilkan, tegangan keluaran dari buck-boost converter, serta daya yang disuplai ke beban dengan analisa sebagai berikut.

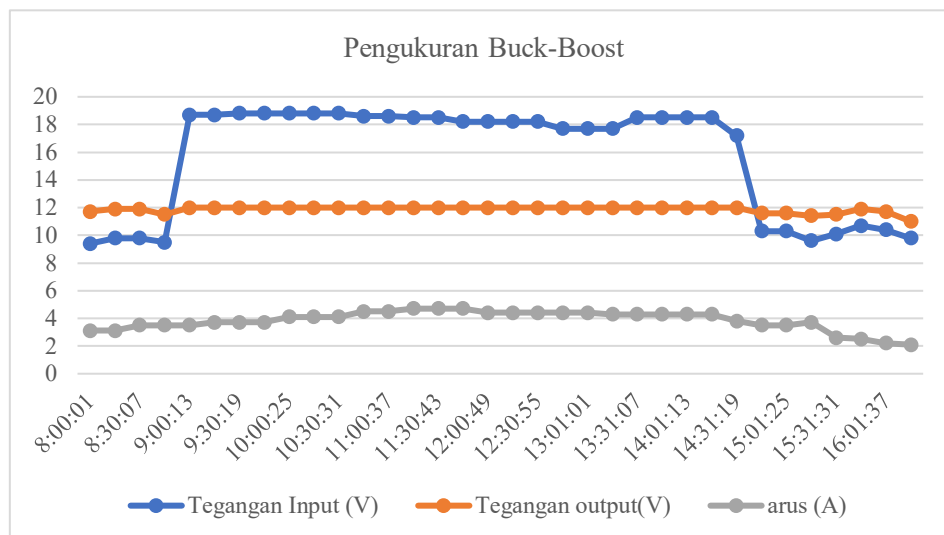
**Gambar 3** Grafik Hasil Pengujian Pengukuran Tegangan Dan Arus Pada Panel Surya

Berdasarkan hasil pengujian yang disajikan pada Tabel 4 dan Gambar 3, diperoleh bahwa nilai tegangan dan arus keluaran dari panel surya

mengalami perubahan yang signifikan sepanjang periode pengukuran pada tanggal 4 Maret 2024. Variasi ini menunjukkan pengaruh langsung dari

intensitas radiasi matahari terhadap daya yang dihasilkan oleh panel. Pada awal pengujian, yaitu pukul 08.00 WIB, nilai tegangan yang terukur sebesar 9,4 V dengan arus 3,1 A, menghasilkan daya sebesar 29,14 W sesuai dengan perhitungan menggunakan Persamaan (1). Nilai ini mencerminkan kondisi radiasi matahari yang masih rendah di pagi hari. Seiring bertambahnya waktu dan meningkatnya intensitas cahaya, tegangan serta arus yang dihasilkan panel surya turut meningkat secara bertahap hingga mencapai nilai maksimum pada pukul 10.30 WIB, dengan tegangan sebesar 18,8 V dan arus 4,1 A. Berdasarkan hasil tersebut, daya keluaran panel surya mencapai nilai tertinggi sebesar 77,8 W, menunjukkan bahwa efisiensi konversi energi berada pada titik optimal saat kondisi penyinaran maksimum. Setelah mencapai puncak pada kisaran pukul 10.00–11.30 WIB, nilai tegangan dan arus cenderung stabil hingga sekitar pukul 13.30 WIB, menandakan periode kerja panel dalam kondisi optimal. Namun, pada rentang waktu

sore hari (sekitar pukul 14.30–16.15 WIB), tegangan dan arus kembali menurun secara bertahap hingga mencapai nilai terendah, yaitu 9,8 V dan 2,1 A, akibat berkurangnya intensitas radiasi matahari. Secara keseluruhan, hasil pengujian ini memperlihatkan bahwa karakteristik tegangan dan arus panel surya berbanding lurus dengan tingkat radiasi matahari yang diterima permukaan panel, di mana daya keluaran maksimum diperoleh pada saat intensitas cahaya berada pada puncaknya di sekitar pertengahan siang hari. Temuan ini mengonfirmasi bahwa kondisi lingkungan dan waktu pengoperasian memiliki pengaruh langsung terhadap performa sistem pembangkit tenaga surya, sehingga pengendalian dan penjadwalan operasi sistem perlu mempertimbangkan dinamika variasi radiasi harian untuk mencapai efisiensi konversi daya yang optimal. Setelah mengetahui kinerja dari panel Suryanya, maka selanjutnya dilakukan pengujian pada *Buck-Boost Converter* dengan pembahasan hasil sebagai berikut.



Gambar 4 Grafik Hasil Pengujian *Buck-Boost Converter*

Berdasarkan hasil pengujian yang disajikan pada Tabel 5 dan Gambar 4, performa *Buck-Boost Converter* menunjukkan kemampuan yang baik dalam menjaga kestabilan tegangan keluaran meskipun terjadi variasi tegangan masukan selama periode pengujian antara pukul 08.00 hingga 16.15 WIB. Pada rentang waktu pagi hari (sekitar pukul 08.00–08.45), ketika tegangan masukan relatif rendah pada kisaran 9,4 - 9,8 V, *converter* bekerja dalam mode *boost* dengan menaikkan tegangan keluaran menjadi 11,7–11,9 V dan menghasilkan *error* tegangan yang relatif kecil, yaitu 0,1–0,5 V. Kondisi *boost* optimal tercatat pada pukul 08:30 dengan tegangan masukan 9,8 V, tegangan keluaran 11,9 V, arus keluaran 3,5 A, dan daya keluaran sebesar 41,65 W, yang menunjukkan kemampuan sistem dalam meningkatkan tegangan secara efisien

dengan deviasi minimal terhadap nilai nominal 12 V.

Pada rentang waktu 09.00–13.30, saat intensitas radiasi matahari meningkat dan tegangan masukan mencapai 18,5–18,8 V, *converter* beralih ke mode *buck* untuk menurunkan tegangan menjadi 12 V secara konstan tanpa *error* tegangan (0 V). Kondisi *buck* paling stabil diperoleh pada pukul 11:15, ketika tegangan masukan sebesar 18,5 V diturunkan menjadi 12 V dengan arus keluaran 4,7 A dan daya keluaran 56,4 W. Hasil ini mengindikasikan bahwa sistem memiliki kemampuan regulasi yang baik serta respons dinamis yang cepat dalam menjaga kestabilan tegangan keluaran terhadap perubahan tegangan masukan.

Menjelang sore hari, antara pukul 14.45 hingga 16.15, tegangan masukan kembali menurun pada

kisaran 9,8–10,3 V akibat berkurangnya intensitas radiasi matahari, sehingga *converter* kembali beroperasi dalam mode *boost* untuk mempertahankan tegangan keluaran di kisaran 11,0–11,9 V. Namun, pada periode ini terjadi peningkatan *error* hingga 1,0 V pada pukul 16:16, yang disebabkan oleh berkurangnya daya masukan dari panel surya akibat kondisi pencahayaan yang tidak stabil. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa *Buck-Boost Converter* bekerja sesuai dengan rancangan, dengan kemampuan menurunkan tegangan tinggi (18,5–18,8 V) menjadi 12 V tanpa *error* pada mode *buck*, serta menaikkan tegangan rendah (9,4–9,8 V) menjadi 11,7–11,9 V dengan *error* maksimum 0,5 V pada mode *boost*. Kinerja sistem menunjukkan kestabilan optimal pada periode 09.00–13.30 WIB, sementara peningkatan *error* pada pagi dan sore hari disebabkan oleh fluktuasi daya masukan akibat penurunan intensitas radiasi surya. Hasil ini membuktikan bahwa *converter* mampu mempertahankan kestabilan tegangan dalam berbagai kondisi operasi, yang merupakan prasyarat penting untuk mendukung efisiensi sistem tenaga surya terintegrasi.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, dapat diperoleh beberapa kesimpulan berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap panel surya dan perangkat Buck Boost *Converter*, yaitu bahwa daya terbesar yang dihasilkan panel surya tercatat pada pukul 11:15 - 11:45 dengan nilai 87,95 Watt, sedangkan daya terkecil tercatat pada pukul 16:16 dengan nilai 20,58 Watt. Rancangan yang dilakukan menunjukkan bahwa pada pengujian, pengambilan data saat buck terjadi pada jam 11.15 dengan tegangan 18,5 volt memberikan daya 56,4 watt, yang kemudian diturunkan menjadi 12 volt. Sementara itu, saat boost pada jam 08.30 dengan tegangan 9,8 volt menghasilkan daya 41,65 watt yang dinaikkan menjadi 11,9 volt dengan *error* tegangan 0,1.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. H. Purwoto, J. Jatmiko, M. A. Fadilah, And I. F. Huda, "Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif," *Emit. J. Tek. Elektro*, Vol. 18, No. 1, Pp. 10–14, Mar. 2018, Doi: [10.23917/Emit.V18i01.6251](https://doi.org/10.23917/Emit.V18i01.6251)
- [2] Riny Sulistyowati, Dedet Candra Riawan, Mochamad Ashari, Clustering Based Optimal Sizing and Placement of PV-DG Using Neural Network, *Advanced Science Letters* 23 (3), 2373-2375, 2017 Doi: [10.1166/asl.2017.8680](https://doi.org/10.1166/asl.2017.8680)
- [3] H. Sujono, "Quadratic Boost Converter With Proportional Integral Control In The Mini Photovoltaic System For Grid," *Przegląd Elektrotechniczny*, Vol. 1, No. 6, Pp. 49–55, Jun. 2020, Doi: [10.15199/48.2020.06.09](https://doi.org/10.15199/48.2020.06.09).
- [4] R. A. Pratama And I. Permana, "Simulasi Permodelan Menggunakan Sensor Suhu Berbasis Arduino," Vol. 10, No. 1, 2021
- [5] Ginanjar, A. Mashar, dan W. B. Mursanto, "Perancangan Buck Boost Converter Pada Sistem Pengisian Baterai Untuk Panel Surya Kapasitas 50 Wp," *Prosiding The 13th Industrial Research Workshop and National Seminar*, hlm. 517–524, Juli 2022, Doi: [10.35313/irwns.v13i01.4243](https://doi.org/10.35313/irwns.v13i01.4243).
- [6] A. R. Wijaya, Z. Lutfiyani, And P. Raflesia, "Rancang Bangun Prototype Kendali Motor Pompa Tendon Air Dengan Automatic Transfer Switch (Ats) Plts Dan Pln," Vol. 1, No. 2, 2021.
- [7] M. Suharto, "Rancang Bangun Sistem Automatic Transfer Switch (Ats) Dan Automatic Mains Failure (Amf) Pln Dan Genset Berbasis Modul Deep Sea Electronics 4520 Mkii" Vol. 1, No. 2, 2018, <https://jom.ft.budiluhur.ac.id/maestro/article/view/80>.
- [8] B. B. Rijadi, "Analisis Kebutuhan Modul Surya Dan Baterai Pada Sistem Penerangan Jalan Umum (Pju)," Vol. 1, 2021.
- [9] H. T. Monda And P. S. Rudati, "Sistem Pengukuran Daya Pada Sensor Node Wireless Sensor Network" Doi: [10.35313/IRWNS.V9I0.1037](https://doi.org/10.35313/IRWNS.V9I0.1037).
- [10] R. A. Pratama And I. Permana, "Simulasi Permodelan Menggunakan Sensor Suhu Berbasis Arduino," Vol. 10, No. 1, 2021.
- [11] D. R. Kurniawan, "Penggunaan Buck Boost Converter Pada Sistem Battery Charging Terkendali Mikrokontroler Bersumber Solar Cell" Vol. 2, No. 1, 2018.
- [12] Benekdiktus Angger Wahyu Widhiawan, "Perancangan Sistem Charging Baterai Menggunakan Buck Boost Converter Dengan Sumber Panel Surya Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano" Vol. 10, No. 1, 2021.
- [13] Rozi Ahmad Subakhi Azal, "Using Buck Boost Converter In The Solar Cell Of Window Blind Pemanfaatan Solar Cell Pada Tirai Jendela (Window Blind) Dengan Buckboost Converter" Vol. 2, No. 1, 2021.
- [14] D. Supriadi, "Kendali Automatic Transfer Switch (Ats) - Automatic Main Failure (Amf) Pada 2 Generator Set (Genset) Paralel Berbasis Plc," Vol. 13, No. 3, 2019.
- [15] J. Julianto And A. Rajagukguk, "Rancang Bangun Buck-Boost Converter Berbasis Arduino Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya 8x10 Wp," Vol. 7, No. 1, 2020, Doi: <https://doi.org/10.26740/jte.v10n3.p629-638>.
- [16] N. Nugroho And S. Agustina, "Analisa Motor Dc (Direct Current) Sebagai Penggerak Mobil Listrik," Vol. 2, No. 1, 2015.