



JREEC

**JOURNAL OF RENEWABLE ENERGY,
ELECTRONICS AND CONTROL**

homepage URL : <https://ejurnal.itats.ac.id/jreec>



PERANCANGAN SISTEM PENDINGIN MINUMAN USAHA MIKRO KECIL DAN MENENGAH MENGGUNAKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA

Muhammad Azumuddin¹, Dan Riny Sulistyowati².

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.

INFORMASI ARTIKEL

Jurnal JREEC – Volume 06
Nomer 01, April 2026

Halaman:
46 – 59
Tanggal Terbit :
30 April 2026

DOI:
10.31284/j.JREEC.2026.v6i1
1.38

EMAIL

mazumuddin@gmail.com 1
riny060271@yahoo.co.id 2

PENERBIT

Jurusan Teknik Elektro-
ITATS
Alamat:
Jl. Arief Rachman Hakim
No.100,Surabaya 60117,
Telp/Fax: 031-5997244

*Jurnal JREEC by
Department of Elecreical
Engineering is licensed
under a Creative Commons
Attribution-ShareAlike 4.0
International License.*

ABSTRACT

Limited access to affordable electrical energy is one of the obstacles for Micro, Small and Medium Enterprises (UMKM), especially those located far from the PLN electricity network. Large solar energy be utilized as an alternative energy source through can Solar Power Plants (PLTS). This study aims to design an independent electrical energy source based on PLTS and analyze the stability of Boost Converter performance based on a comparison of calculation results and power measurements on the MSME beverage cooling system. The designed system consists of Solar Panels, Solar Charge Controllers, Batteries, Boost Converters, Inverters, and loads in the form of Styrofoam Cooling Boxes covered with Aluminum Foil. Testing was carried out in the time range of 09:00 - 15:00 WIB with data collection of Voltage, Current, and Power. The test results show that the Solar Panel produces a voltage of 12.85 - 13.05 V with a power ranging from 84.46 W to 111.9 W. The Boost converter is able to maintain a relatively stable output voltage in the range of 13.2 - 13.8 V with an output power between 72.78 W to 105.67 W. The Boost converter is stable and in accordance with the design. Thus, the designed PLTS system has the potential to be an independent electrical energy solution that is environmentally friendly and able to reduce the operational costs of UMKM.

keywords: *Micro Small and Medium Enterprises (UMKM), Solar Panels, Boost Converter, Cooling Box System*

ABSTRAK

Keterbatasan akses energi listrik yang tidak terjangkau menjadi salah satu kendala bagi Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM), khususnya yang berada jauh dari jaringan listrik PLN. Energi surya yang besar sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Penelitian ini bertujuan untuk merancang sumber energi listrik mandiri berbasis PLTS serta menganalisis kestabilan kinerja *Boost Converter* berdasarkan perbandingan hasil perhitungan dan pengukuran daya pada sistem pendingin minuman UMKM. Sistem yang dirancang terdiri dari Panel Surya, *Solar Charge Controller*, Baterai, *Boost Converter*, Inverter, dan beban berupa Box Pendingin berbahan *Styrofoam* berlapis *Aluminium Foil*. Pengujian dilakukan pada rentang waktu pukul 09:00 - 15:00 WIB dengan pengambilan data Tegangan, Arus, dan Daya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Panel Surya menghasilkan Tegangan sebesar 12,85 – 13,05 V dengan daya berkisar antara 84,46 W hingga 111,9 W. Boost converter mampu menjaga tegangan keluaran relatif stabil pada kisaran 13,2 - 13,8 V dengan daya keluaran antara 72,78 W hingga 105,67 W. Selisih antara hasil perhitungan dan pengukuran daya menunjukkan nilai error rata-rata sekitar 1 - 2%, yang menandakan kinerja *Boost Converter* stabil dan sesuai dengan perancangan. Dengan demikian, sistem PLTS yang dirancang berpotensi menjadi solusi energi listrik mandiri yang ramah lingkungan dan mampu menekan biaya operasional UMKM.

Kata kunci: *Boost Converter, Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Sistem Bok Pendingin.*

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi terus meningkat seiring pesatnya pembangunan, sementara energi fosil sebagai sumber daya tak terbarukan harus digunakan secara hemat dan efisien. Indonesia yang memiliki intensitas sinar matahari tinggi berpotensi memanfaatkan energi surya di tengah tantangan perubahan iklim dan kenaikan penggunaan energi konvensional, terutama pada sektor UMKM berkontribusi lebih dari 61% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB)[1]. namun masih menghadapi kendala akses energi yang terjangkau. Potensi energi surya tersebut dapat dimanfaatkan secara optimal melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

Perekonomian Indonesia sangat bergantung pada sektor UMKM. Data Kementerian Koperasi dan UKM tahun 2021 menunjukkan bahwa UMKM menyumbang 60,5% terhadap PDB dan menyerap sekitar 97% tenaga kerja. Salah satunya adalah UMKM Amanah Dukuh Menanggal Surabaya yang menjual makanan dan minuman dingin menggunakan box styrofoam tanpa mesin pendingin berbasis listrik PLN karena tingginya biaya operasional. Untuk menekan biaya tersebut, diperlukan sumber listrik alternatif guna mendukung proses pengawetan, yaitu melalui pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi bagi mesin pendingin makanan [2].

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), adalah salah satu cara pemanfaatan energi matahari untuk menghasilkan listrik, dengan menggunakan teknologi sel fotovoltaik[3]. Sel surya berfungsi menyerap sinar matahari dan mengubahnya menjadi arus searah (DC), kemudian dialirkan ke *Solar Charge Controller* (SCC) untuk mengatur proses pengisian baterai secara aman [4]. Baterai menyimpan kelebihan energi saat beban rendah dan menyuplai daya ketika produksi panel tidak mencukupi [5]. Dalam sistem PLTS, inverter digunakan untuk mengubah listrik DC menjadi AC agar dapat digunakan oleh peralatan berbasis arus bolak-balik [6]. Output dari Inverter untuk menyuplai Sistem Pendingin.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini berjudul “Perancangan Sistem Pendingin Minuman UMKM Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya”. Penelitian ini merancang dan membangun box pendingin dengan suplai daya dari PLTS yang dibutuhkan pedagang UMKM untuk menjaga kualitas produk yang dijual. Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai sumber energi menjadikan sistem lebih ramah lingkungan serta mengurangi ketergantungan pada listrik konvensional [7].

Bedasarkan hal ini perlu dilakukan penelitian, Merancang Sumber Energi Listrik mandiri dengan menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Menganalisis kestabilan kinerja boost converter berdasarkan perbandingan hasil perhitungan dan pengukuran daya. Menjadi langkah strategis yang dapat mengurangi ketergantungan pada sumber energi konvensional, serta meningkatkan efisiensi usaha para UMKM.

TINJAUAN PUSTAKA

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan sistem konversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik melalui efek fotovoltaik pada sel surya berbahan semikonduktor seperti silikon. Ketika foton matahari mengenai material semikonduktor, terjadi pelepasan elektron yang menimbulkan perbedaan potensial dan menghasilkan aliran listrik [8].

PLTS menghasilkan listrik arus searah (*Direct Current/DC*) yang dikendalikan oleh *Solar Charge Controller* (SCC) untuk mengatur pengisian baterai secara aman dan efisien. Energi yang tersimpan dalam baterai kemudian diubah menjadi arus bolak-balik (*Alternating Current/AC*) melalui inverter agar dapat digunakan pada peralatan listrik rumah tangga [9].

Untuk mengetahui besarnya daya yang dihasilkan oleh panel surya dapat dihitung menggunakan persamaan dasar hubungan antara tegangan dan arus sebagai berikut:

$$P = V \times I \quad (2.1)$$

Keterangan:

P = Daya listrik yang dihasilkan (W)

V = Tegangan keluaran panel surya (V)

I = Arus listrik yang dihasilkan (A)

Solar Charge Controller

Solar Charge Controller (SCC) merupakan komponen vital dalam sistem PLTS yang berfungsi mengatur aliran daya listrik dari panel surya menuju baterai. Peran utamanya adalah mencegah *overcharge* (pengisian berlebihan) dan *over-discharge* (pengosongan berlebihan) yang dapat merusak sel baterai dan memperpendek usia pakainya [10].

SCC umumnya dilengkapi teknologi *Pulse Width Modulation* (PWM) yang menyesuaikan pengisian secara dinamis berdasarkan variasi daya keluaran panel surya akibat perubahan kondisi pencahayaan, sehingga baterai mendapatkan suplai daya yang stabil dan efisien.

Boost Converter

Boost Converter merupakan konverter DC-DC yang berfungsi menaikkan tegangan searah dari nilai input lebih rendah menjadi tegangan output lebih tinggi melalui penyimpanan energi pada induktor yang dikendalikan saklar elektronik. Besar tegangan keluaran dikendalikan dengan mengatur *Duty Cycle* sinyal PWM.

Penelitian ini menggunakan *Boost Converter* dengan metode *Constant Voltage-Constant Current* (CV-CC) melalui umpan balik tegangan dan resistor sensor arus. Sistem secara otomatis berpindah dari mode pengaturan tegangan ke mode pembatasan arus ketika arus keluaran melebihi batas yang ditentukan. Dengan tegangan masukan 8,5–50 V DC dan keluaran 10–60 V DC, Boost Converter ini sesuai untuk aplikasi catu daya DC variabel, pengisian baterai, dan sistem energi terbarukan seperti PLTS [4].

Inverter

Inverter merupakan perangkat inti pada sistem PLTS yang berfungsi mengonversi arus searah (DC) dari panel surya atau baterai menjadi arus bolak-balik (AC) untuk peralatan listrik. Proses kerjanya mengubah tegangan DC melalui komponen semikonduktor daya menjadi gelombang AC stabil pada frekuensi 50/60 Hz.

Berdasarkan kualitas gelombang, inverter terbagi menjadi *pure sine wave* (sinus murni) yang kompatibel dengan semua perangkat dan *modified square wave* (kotak modifikasi) dengan biaya lebih rendah namun terbatas penggunaannya. Efisiensi konversi daya mencapai $\geq 90\%$ dengan fitur proteksi tegangan lebih, beban berlebih, dan hubung singkat.

Pemilihan inverter yang sesuai kapasitas dan tipenya menjadi faktor penting dalam pemanfaatan energi surya secara stabil dan efisien [10] [11].

Baterai

Baterai berfungsi sebagai penyimpan energi dari modul PV dengan mengubah energi kimia menjadi energi listrik melalui reaksi elektrokimia pada katoda dan anoda [12].

Baterai VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*), yaitu baterai asam timbal tertutup dengan katup pengatur tekanan yang memungkinkan rekombinasi gas internal sehingga bebas perawatan. Baterai ini memiliki elektroda positif (PbO_2) dan negatif (Pb) dengan elektrolit asam sulfat [13].

Baterai VRLA memiliki kemampuan deep cycle dengan efisiensi pengisian 85–90%, self-discharge rate 2–3% per bulan, dan masa pakai 3–10 tahun. Baterai ini banyak digunakan pada sistem penyimpanan energi terbarukan seperti PLTS [13].

Agar optimal, Depth of Discharge (DOD) ditetapkan 70% (100% - 30%). Kapasitas baterai dihitung menggunakan Rumus dibawa ini [11].

$$i_b = \frac{\frac{E_{maks} + \text{beban dalam sehari (Ah)}}{V_b}}{DOD \times 0,8} \quad (2.2)$$

Sistem Pendingin

Box pendingin merupakan perangkat penyimpanan bersuhu rendah untuk mendinginkan minuman atau makanan dengan memanfaatkan isolasi termal dan sistem refrigerasi, yang umum digunakan pada rumah tangga, logistik, dan pedagang. Sistem refrigerasi kompresi uap terdiri dari kompresor, kondensor, pipa kapiler, dan evaporator yang bekerja secara berkelanjutan.

Sistem ini menggunakan *vapor compression cycle*, di mana kompresor memampatkan refrigeran dari tekanan rendah menjadi tekanan tinggi bersuhu tinggi. Panas kemudian dilepas di kondensor hingga refrigeran menjadi cair, lalu tekanannya diturunkan melalui pipa kapiler sebelum masuk ke evaporator. Di evaporator, refrigeran menguap dan menyerap panas dari ruang penyimpanan sehingga suhu menjadi dingin. Proses ini berlangsung terus-menerus untuk menjaga suhu tetap rendah dan stabil [14].

Rumus Perhitungan Energi

Perhitungan Energi pada Persamaan 2.3

$$E_{Boost} = V_{boost \text{ rata-rata}} \times I_{boost \text{ rata-rata}} \times t \tag{2.3}$$

Perhitungan Energi Beban pada Persamaan 2.4

$$E_{beban} = P_{beban \text{ rata-rata}} \times t \tag{2.4}$$

Perhitungan Sisa Energi pada Persamaan 2.5

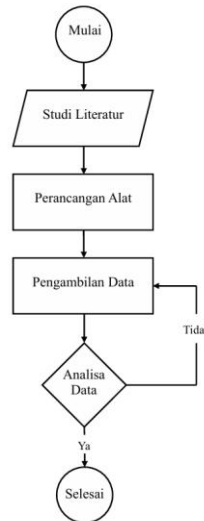
$$E_{sisah} = E_{boost} - E_{beban} \tag{2.5}$$

Perhitungan Efisiensi pada persamaan 2.6

$$\text{Nilai Efisiensi}(\eta) = \frac{\text{Daya keluaran } (P_{OUT})}{\text{Daya Masukan } (P_{IN})} \times 100 \tag{2.6}$$

METODE

Diagram Penelitian



Gambar 1. Flowchart

Tahap Penelitian

1. Studi Literatur

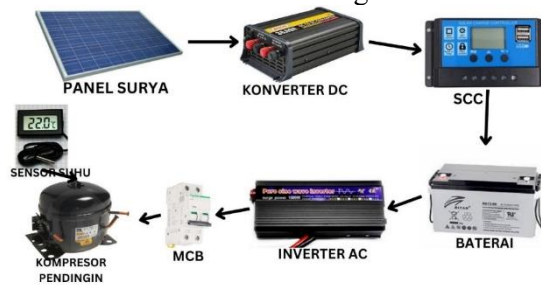
Dalam studi literatur dilakukan pencarian informasi atau bahan materi baik dari buku, jurnal, bahan dari internet maupun sumber - sumber lain yang berkaitan dengan penelitian ini. Beberapa bahan materi tersebut diantaranya adalah:

- a. Komponen PLTS
- b. Komponen *Boost Converter*

c. Sistem Box Pendingin
Perancangan Alat



Gambar 2. Perancangan Alat



Gambar 3. Blok Diagram Sistem

Perancangan alat pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2 Perancangan Alat dan Gambar 3 Blok Diagram Sistem. Sistem pendingin minuman berbasis PLTS terdiri dari panel surya sebagai sumber energi utama yang mengubah cahaya matahari menjadi listrik DC. Tegangan keluaran panel kemudian dinaikkan dan distabilkan oleh *Boost Converter* sebelum masuk ke *Solar Charge Controller* (SCC) untuk mengatur proses pengisian baterai agar aman dari overcharge dan overdischarge.

Energi selanjutnya disimpan pada baterai sebagai cadangan daya. Tegangan DC dari baterai diubah oleh inverter menjadi AC 220 V untuk mengoperasikan kompresor pada box pendingin. Box berbahan styrofoam berlapis aluminium foil dirancang untuk meminimalkan perpindahan panas, sehingga suhu tetap dingin dengan konsumsi daya yang relatif kecil. Secara keseluruhan, sistem bekerja mandiri tanpa bergantung pada jaringan listrik PLN. Spesifikasi alat penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi alat penelitian

No	Nama Alat	Spesifikasi
1	Panel Surya	100WP 2 buah
2	<i>Boost Converter</i>	Input 8–40 V, Output 10–60 V
3	<i>Solar Charge Controller</i>	Tipe PWM, kapasitas 30 A
4	Baterai	12 Volt, 65 Ah
5	Inverter	12V, 500 Watt
6	Kompresor Box Pendingin	Daya ±80 Watt

Pengambilan Data

Pada penelitian ini, pengambilan data dilakukan pada beberapa bagian utama sistem PLTS. Panel surya diukur parameter tegangan (V), arus (A), dan daya (W). Pada *Boost Converter*, data yang diambil meliputi tegangan output, arus output, dan daya untuk mengetahui kinerja peningkatan tegangan. Pada inverter, pengukuran dilakukan pada sisi input DC (tegangan, arus, daya) dan sisi output AC (tegangan, arus, daya) untuk menganalisis kinerja serta efisiensi konversi dari DC ke AC.

Sementara itu, pada sisi beban diukur arus dan daya yang digunakan guna mengetahui besarnya energi listrik yang benar-benar dimanfaatkan sistem.

Spesifikasi Panel Surya

Panel surya merupakan perangkat yang mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik menggunakan teknologi *fotovoltaik* (PV). Penelitian ini menggunakan 2 buah panel surya 100 WP (*Watt Peak*), yaitu Panel Surya dengan kapasitas maksimum 100 watt pada kondisi standar. Spesifikasi kedua panel surya disajikan pada Tabel Data Teknis Panel Surya.

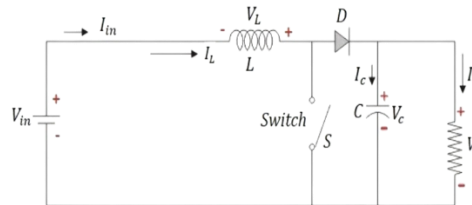
Tabel 2. Data Teknis Panel Surya

Parameter	Spesifikasi
Jenis Panel Surya	100 WP
Kapasitas	100 W/m ² , suhu 25°C
Arus Daya maksimum	5-6 A
Dimensi dan Berat	1,2 meter x 0,6 meter/7 hingga 10 kg
Toleransi Daya	+5% hingga -5%,
Suhu Oprasional	-40°C hingga +85°C.
Efisiensi Panel	15% hingga 18%

Spesifikasi Boost Converter

Boost converter adalah konverter DC-DC yang berfungsi menaikkan tegangan dari sumber daya lebih rendah ke tegangan lebih tinggi sesuai kebutuhan sistem. Pada penelitian ini, *Boost Converter* digunakan untuk meningkatkan tegangan keluaran panel surya yang bervariasi tergantung intensitas cahaya matahari agar sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan beban (baterai atau inverter).

Rangkaian *Boost Converter* terdiri dari komponen utama seperti induktor, kapasitor, diode, dan rangkaian sumber, seperti ditunjukkan pada Gambar 4 *Boost Converter*.



Gambar 4. Boost Converter

Data Spesifikasi boost converter yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel

Tabel 5. Data Spesifikasi boost converter

Parameter	Spesifikasi
Tegangan Input	8 – 40 Volt
Tegangan Output	13 Volt
Arus Input	0 - 15 Ampere

Spesifikasi Solar Charge Controller

Solar Charge Controller merupakan komponen penting dalam sistem PLTS yang berfungsi mengatur aliran daya listrik antara panel surya dan baterai. Alat ini mengontrol proses pengisian agar tidak terjadi *overcharge* maupun *over-discharge* yang dapat memperpendek umur baterai. Penelitian ini menggunakan Solar Charge Controller dengan tegangan input 12 Volt, tegangan output 12 Volt, dan kapasitas arus 20 Ampere. Dilengkapi systemproteksi *overcharge* dan *overdischarge* untk menjaga kestabilan kinerja sistem serta melindungi komponen dari kerusakan. Spesifikasi lengkap disajikan pada Tabel 6 Data Spesifikasi *Solar Charge Controller*.

Tabel 6. Data Spesifikasi Solar Charge Controller

Parameter	Spesifikasi
Tegangan Sistem	12V
Arus Maksimal	30A
Tegangan Input Maksimal	100V, 150V, 250V
Efisiensi	95-98%

Spesifikasi Baterai

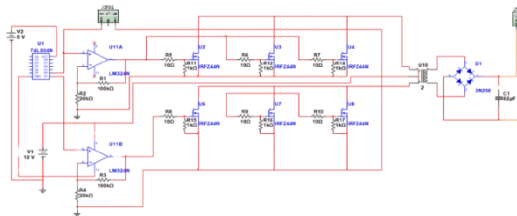
Baterai adalah perangkat penyimpanan energi listrik yang mengubah energi kimia menjadi energi listrik melalui reaksi elektrokimia. Untuk memenuhi kebutuhan beban sebesar ±80 Watt selama kurang lebih 7 jam, diperlukan kapasitas baterai 65 Ah. Perhitungan ini didasarkan pada kebutuhan energi total selama periode pemakaian untuk memastikan baterai mampu menyuplai daya secara konsisten dan stabil. Spesifikasi baterai disajikan pada Tabel 7 Data Spesifikasi Baterai.

Tabel 7. Data Spesifikasi Baterai

Parameter	Spesifikasi
Jenis Baterai	VRLA
Kapasitas	65 AH
Tegangan Nominal	12V
Berat	30 Kg

Spesifikasi Inverter

Pada Penelitian ini menggunakan inverter 500 Watt untuk mengantisipasi lonjakan daya (*surge power*), dengan kapasitas 1-3 kali total beban ±80 Watt. Spesifikasi inverter disajikan pada Tabel 8 dan rangkaiannya pada Gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian Inverter

Tabel 8. Data Spesifikasi Inverter

Parameter	Spesifikasi
Kapasitas	500 Watt
Tegangan Input	12 V
Tegangan Output	220 V

Spesifikasi Alat Pendingin

Dengan beban daya listrik yang di hasilkan oleh kompresor 1/8 pk yaitu ±80 Watt. Dapat di lihat tabel 37 data kompresor 1/8 pk. Spesifikasi Alat di sajikan pada Tabel 9 Data Spesifikasi Alat Pendingin.

Tabel 9. Data Spesifikasi Alat Pendingin

Parameter	Spesifikasi
Kompresor	1/8 pk (0,125 HP)
Daya Input	±80 Watt

Tegangan Input	220 AC, 50 Hz
Arus	0,8 – 1,2 Ampere
Aplikasi	Box Pendingin

Analisa Data

Analisa data dilakukan untuk mengetahui hasil pengukuran dan perhitungan dari sistem yang telah diuji. Pada tahap ini dilakukan perbandingan antara data hasil pengukuran dengan hasil perhitungan teoritis, serta analisa terhadap daya yang dihasilkan baik pada sistem arus searah (DC) maupun arus bolak-balik (AC).

Menghitung Daya Nyata DC

Daya nyata pada sistem arus searah (DC) merupakan hasil kali antara tegangan dan arus. Daya ini menunjukkan besarnya energi listrik yang benar-benar digunakan untuk melakukan kerja pada beban. Adapun rumus perhitungan daya nyata DC di bawa ini

$$P = V \times I \tag{2.7}$$

Menghitung Daya Nyata AC

Pada sistem arus bolak-balik (AC), daya nyata dihitung dengan mempertimbangkan faktor daya (cos φ), yaitu sudut fase antara arus dan tegangan. Nilai cos φ menunjukkan efisiensi penyaluran energi listrik pada beban. Rumus daya nyata AC

$$P = V \times I \cos\phi \tag{2.8}$$

Menghitung Efisiensi Menggunakan Persamaan

Nilai efisiensi yang diperoleh dari perbandingan antara daya keluaran yang dihasilkan oleh sistem dengan daya masukan. Nilai efisiensi ini menggambarkan seberapa efektif suatu perangkat elektronik, seperti *Boost converter* atau Inverter, dalam mengubah energi masukan menjadi energi keluaran. Perhitungan efisiensi pada rumus di bawah ini

$$\text{Nilai Efisiensi}(\eta) = \frac{\text{Daya keluaran} (P_{OUT})}{\text{Daya Masukan} (P_{IN})} \times 100\% \tag{2.9}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 10. Data Keseluruhan Alat Pada Cuaca Panas

Waktu	Panel Surya		Boost Converter		Baterai	Inverter		Beban AC	
	Pin (V)	Iin (A)	Pin (V)	Iin (A)	Persentase (%)	Vin DC(V)	Vout (V)	Daya (W)	Arus (A)
9:00	12.91	6.32	13.8	5	72	12.1	221	130	0.59
9:30	12.75	7.01	13.8	5.9	74	12.2	222	76.25	0.34
10:00	12.19	7.32	13.8	6.2	74	12.2	222	73.02	0.33
10:30	12.04	7.16	13.8	6.1	76	12.3	223	77.75	0.35
11:00	12.77	6.94	13.8	5.2	74	12.2	222	73.23	0.33
11:30	12.79	7.7	13.8	6.2	76	12.1	223	70.81	0.32
12:00	12.9	7.96	13.8	6.4	78	12.2	224	75.21	0.34
12:30	12.57	8.68	13.8	7.2	80	12.2	223	0	0
13:00	12.94	8.38	13.8	7.3	80	12.3	223	77.1	0.35
13:30	12.91	7.46	13.8	6.2	82	12.3	224	82	0.37
14:00	12.99	7.95	13.8	6.2	84	12.3	222	0	0
14:30	12.62	7.25	13.8	6	84	12.3	224	75	0.33
15:00	12.5	6.9	13.8	5.2	86	12.3	223	0	0

Tabel 11. Data Perbandingan Daya Panel Surya Dengan Daya Beban

Waktu	Data Panel Surya	Data Bebam
	Daya (Watt)	Daya DC (Watt)
9:00	82.5	130
9:30	90.2	76.25
10:00	90.4	73.02
10:30	87.1	77.75
11:00	89.6	73.23
11:30	99.5	70.81
12:00	103.4	75.21
12:30	110.3	0
13:00	109.5	77.1
13:30	97.5	82
14:00	104.4	0
14:30	92.2	75
15:00	87.3	0

Untuk Menghitung Energi yang di hasilkan oleh PLTS dengan menggunakan Persamaan berikut

Perhitungan Energi *Boost* dengan menggunakan Persamaan 2.3:

$$\begin{aligned}
 E_{Boost} &= V_{boost \text{ rata-rata}} \times I_{boost \text{ rata-rata}} \times t \\
 &= 13.8 \times 6.084615 \times 6 \text{ jam} \\
 &= 503.806
 \end{aligned}$$

Perhitungan Energi Beban dengan menggunakan Persamaan 2.4:

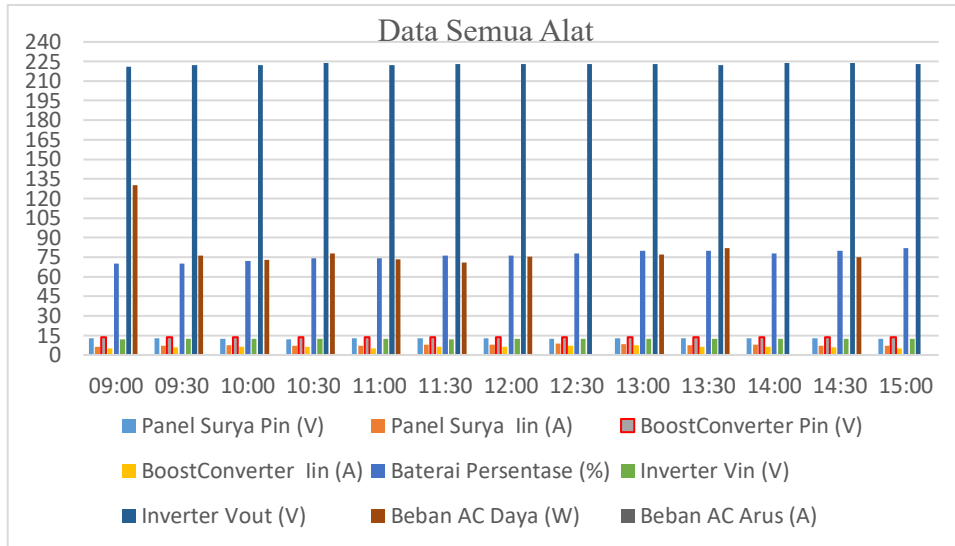
$$\begin{aligned}
 E_{beban} &= P_{beban \text{ rata-rata}} \times t \\
 &= 62.3362 \times 6 \text{ jam} \\
 &= 374.017
 \end{aligned}$$

Perhitungan Sisa Energi dengan menggunakan Persamaan 2.5:

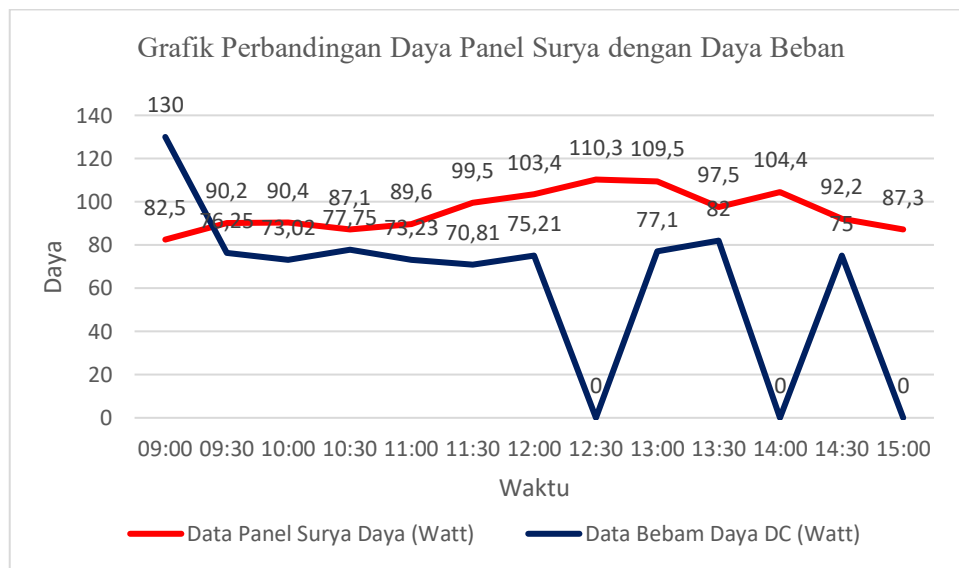
$$\begin{aligned}
 E_{sisah} &= E_{boost} - E_{beban} \\
 &= 503.806 - 374.017 \\
 &= 129.789
 \end{aligned}$$

Data Tabel 10 menunjukkan bahwa pada pukul 09.00–15.00 panel surya menghasilkan tegangan 12,04–12,99 V dan arus 6,32–8,68 A. Tegangan tersebut dinaikkan dan distabilkan oleh Boost Converter menjadi 13,8 V untuk pengisian baterai. Proses pengisian berjalan efektif, terlihat dari peningkatan kapasitas baterai dari 72% menjadi 86%, dengan tegangan masuk baterai relatif stabil di kisaran 12,1–12,3 V.

Pada sisi output, inverter mengubah daya DC menjadi AC dengan tegangan stabil 221–224 V. Data perbandingan pada Tabel 11 daya beban tidak selalu terpakai dan beberapa kali bernilai nol. Daya panel surya (82,5–110,3 W) konsisten lebih besar dibanding daya beban (maksimum 82 W), sehingga menunjukkan daya yang dihasilkan panel surya lebih besar dari daya beban. Grafik dari Tabel 10 bisa dilihat pada Gambar 6 dan Grafik dari Tabel 11 bisa dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Grafik Data Semua Alat



Gambar 7. Grafik Perbandingan Daya Panel Surya Dengan Daya Beban

Berdasarkan Gambar 6 pada pukul 09.00–15.00, sistem bekerja stabil dan terintegrasi; tegangan inverter konstan sekitar 220 V, tegangan panel surya relatif stabil dengan arus sedikit menurun dan berfluktuasi ringan menjelang siang, diikuti sisi boost converter. Persentase baterai meningkat dari ±70% hingga mendekati 80% (pengisian kontinu), sementara daya dan arus beban AC berada pada kisaran 70–80 W dengan variasi kecil. Analisis Gambar 7 menegaskan bahwa daya panel surya dan konsumsi beban sesuai rancangan; panel mencapai kinerja optimal saat intensitas cahaya tertinggi, sedangkan boost converter dan inverter menjaga kestabilan tegangan, serta baterai efektif menyimpan energi, sehingga seluruh komponen bekerja sinergis menyediakan pasokan listrik yang andal.

Tabel 12. Data Keseluruhan Alat Pada Cuaca Mendung

Waktu	Panel Surya		Boost Converter		Baterai	Inverter		Beban AC	
	Pin (V)	Iin (A)	Pin (V)	Iin (A)	Persentase (%)	Vin DC(V)	Vout (V)	Daya (W)	Arus (A)
9:00	10.22	3	13.2	2	90	12.1	221	126	0.57
9:30	10.51	3.3	13.2	2.3	88	12.2	222	72.25	0.33
10:00	10.83	3.3	13.2	2.4	86	12.2	222	72.1	0.32
10:30	11.15	3.6	13.2	2.3	84	12.3	223	70.72	0.32
11:00	10.42	3.4	13.2	2.5	82	12.2	222	73.23	0.33
11:30	11.64	3.5	13.2	2.3	80	12.1	223	68.91	0.31
12:00	11.85	3.6	13.2	2.6	78	12.2	224	0	0.00
12:30	10.76	3.4	13.2	2.5	78	12.2	223	72.51	0.33
13:00	10.58	3.5	13.2	2.3	76	12.3	223	71.2	0.32
13:30	10.39	3.2	13.2	2.2	74	12.3	224	70.13	0.31
14:00	10.18	3.3	13.2	2.1	72	12.3	222	72.7	0.33
14:30	9.89	3.1	13.2	2.1	72	12.3	224	0	0.00
15:00	9.58	3	13.2	2	70	12.3	223	72.1	0.32

Tabel 13. Data Perbandingan Daya Panel Surya Dengan Daya Beban

Waktu	Data Panel Surya	Data Beban
	Daya (Watt)	Daya DC (Watt)
9:00	31.1	130.36
9:30	35.2	75.4
10:00	36.12	73.25
10:30	40.76	75.44
11:00	35.87	74.23
11:30	41.2	69.91
12:00	43.21	74.2
12:30	37.19	0
13:00	37.63	76.1
13:30	33.81	68.91
14:00	33.99	0
14:30	31.21	76
15:00	29.11	0

Untuk Menghitung Energi yang di hasilkan oleh PLTS dengan menggunakan Persamaan berikut

Perhitungan Energi Boost dengan menggunakan Persamaan 2.3:

$$\begin{aligned}
 E_{Boost} &= V_{boost \text{ rata-rata}} \times I_{boost \text{ rata-rata}} \times t \\
 &= 13.2 \times 2.276 \times 6 \text{ jam} \\
 &= 180.332
 \end{aligned}$$

Perhitungan Energi Beban dengan menggunakan Persamaan 2.4:

$$E_{beban} = P_{beban \text{ rata-rata}} \times t$$

$$= 64.75769 \times 6 \text{ jam}$$

$$= 388.546$$

Perhitungan Sisah Energi dengan menggunakan Persamaan 2.5:

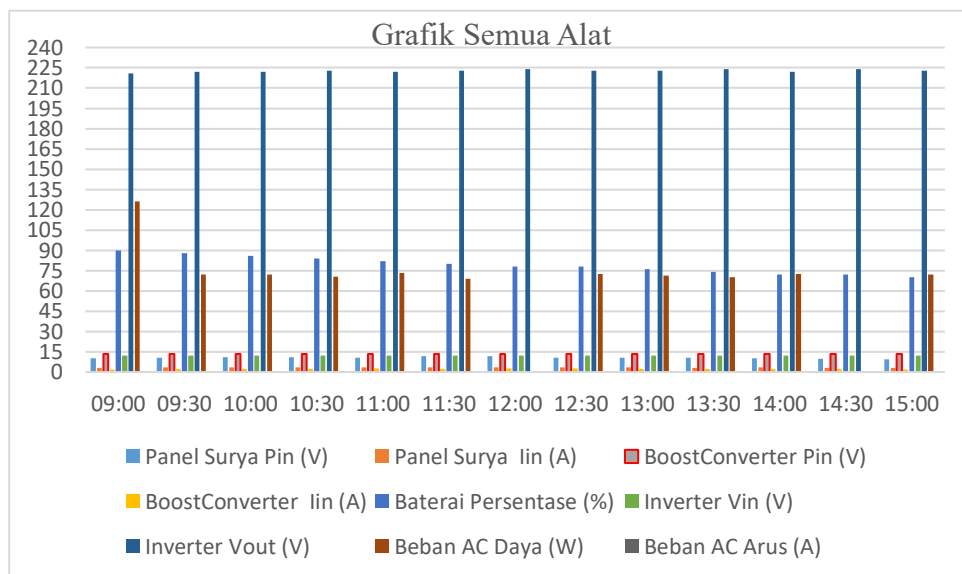
$$E_{\text{sisah}} = E_{\text{boost}} - E_{\text{beban}}$$

$$= 180.332 \times 388.546$$

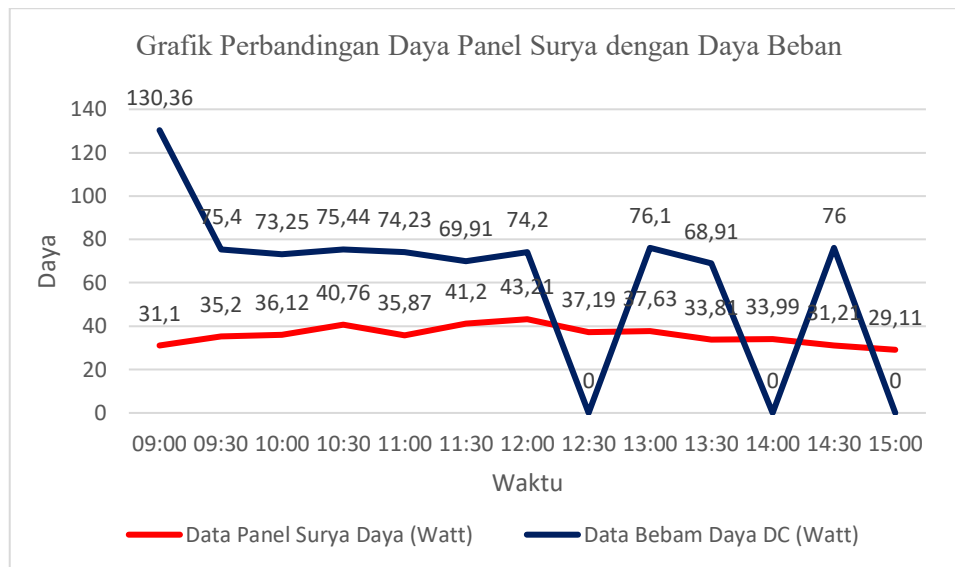
$$= -208.2138$$

Mengacu pada Tabel 12, performa sistem PLTS saat cuaca berawan mengalami penurunan produksi energi. Panel surya hanya menghasilkan tegangan 9,58–11,85 V dengan arus maksimum 3,6 A akibat rendahnya intensitas cahaya. Meskipun boost converter mampu menjaga tegangan tetap stabil di 13,2 V, daya yang tersedia belum mencukupi kebutuhan sistem sehingga kapasitas baterai turun dari 90% menjadi 70%, menandakan adanya ketidakseimbangan antara energi yang dihasilkan dan yang digunakan.

Pada sisi output, inverter tetap bekerja stabil dengan tegangan AC 221–224 V. Daya beban AC berkisar 68,91–126 W dan sempat 0 W pada pukul 12.00 dan 14.30. Data Tabel 4.38 menunjukkan daya panel surya hanya 29,11–43,21 W, sedangkan kebutuhan beban DC saat aktif mencapai 68,91–130,36 W. Selisih daya ini menyebabkan baterai menjadi sumber utama penopang sistem, sehingga kapasitasnya terus menurun selama pengamatan. Grafik keseluruhan dan perbandingan daya ditampilkan pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8. Grafik Data Semua Alat



Gambar 9. Grafik Perbandingan Daya Panel Surya dengan Daya Beban

Gambar 8 menunjukkan bahwa sistem bekerja secara terpadu selama pukul 09.00–15.00. Tegangan dan arus panel surya meningkat hingga tengah hari, mendukung kinerja Boost Converter dan proses pengisian baterai yang terus bertambah. Inverter tetap menjaga tegangan AC stabil, meskipun daya beban berfluktuasi. Perbandingan daya pada Gambar 9 menegaskan bahwa suplai dan konsumsi energi berjalan terkoordinasi. Secara keseluruhan, seluruh komponen sistem beroperasi selaras dan mampu menyediakan energi surya secara stabil selama pengamatan.

KESIMPULAN

1. Sistem sumber energi listrik mandiri berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berhasil dirancang dan diimplementasikan untuk mendukung kebutuhan listrik UMKM yang berada jauh dari jaringan PLN. Berdasarkan hasil pengujian pada pukul 09.00–11.30 WIB, panel surya menghasilkan tegangan berkisar antara 10.22 V hingga 12.99 V dengan arus 3A hingga 8.5 A, sehingga daya input yang dihasilkan berada pada rentang 30.66 W hingga 110 W. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem PLTS mampu menyediakan suplai energi listrik secara mandiri dan berkelanjutan sesuai kondisi intensitas cahaya matahari.
2. Dengan *Boost converter* menunjukkan kestabilan kinerja yang baik berdasarkan perbandingan hasil perhitungan dan pengukuran daya. Tegangan keluaran *Boost Converter* dapat dipertahankan relatif konstan pada kisaran 13.2–13.8 V, dengan Arus keluaran antara 1.9 hingga 2.7 A dan daya keluaran berkisar 26.40 W hingga 35.00 W. Selisih antara hasil perhitungan dan pengukuran daya tergolong kecil, dengan nilai error rata-rata berada pada kisaran 1–2%, yang menandakan bahwa *Boost Converter* mampu bekerja stabil dan sesuai dengan perancangan dalam sistem PLTS.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kamar dagang dan Industri Indonesia, “Data dan Statistik UMKM.” Accessed: Jan. 10, 2024. [Online]. Available: <https://kadin.id/data-dan-statistik/umkm-indonesia/>
- [2] Y. D. Nurcahyanie, Y. Utomo, and S. Rohman, “Implementasi Energi Listrik Tenaga Surya Pengawetan Makanan Untuk Peningkatan Produktivitas Ummk Amanah Surabaya,” *JDISTIRA*, vol. 4, no. 1, pp. 117–123, Sep. 2024, doi: 10.58794/jdt.v4i1.1007.
- [3] H. B. Nurjaman and T. Purnama, “Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Solusi Energi Terbarukan Rumah Tangga,” *J. Edukasi Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 136–142, Nov. 2022, doi: 10.21831/jee.v6i2.51617.
- [4] 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.

- [5] Sapto Prayogo, "Pengembangan sistem manajemen baterai pada PLTS menggunakan on-off grid tie inverter," *J. Tek. Energi*, vol. 9, no. 1, pp. 58–63, Nov. 2019, doi: 10.35313/energi.v9i1.1646.
- [6] Slamet Nurhadi, Muhammad Fahmi Hakim, Ferdian Ronilaya, and Sukamdi, "Kinerja Inverter 500 W untuk PLTS Skala Kecil," *Elposys J. Sist. Kelistrikan*, vol. 11, no. 1, pp. 19–24, Feb. 2024, doi: 10.33795/elposys.v11i1.5015.
- [7] A. F. Rahman and R. Permatasari, "PERANCANGAN DAN PEMBUATAN KOTAK PENDINGIN PENYIMPAN SUSU KEDELAI UNTUK PEDAGANG KAKI LIMA BERBASIS TERMOELEKTRIK BERSUMBER TENAGA SURYA," no. 1, 2020.
- [8] A. A. Fakhira, . S., and . Y., "Analisis Pemanfaatan Panel Surya Tipe Polycrystalline 100 Wp Sebagai Sumber Energi Alternatif Untuk Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat Pedesaan Di Indonesia," *J. Pendidik. Sains Dan Teknol.*, vol. 2, no. 4, pp. 982–985, Dec. 2023, doi: 10.47233/jpst.v2i4.1318.
- [9] V. L. Fadli and R. Sulistyowati, "PERANCANGAN PROTOTYPE DAN SIMULASI PLTS UNTUK PENERANGAN JALAN UMUM DI CARUBAN".
- [10] P. S. Ningsih, "Pengukuran Tegangan, Arus, Daya pada Prototype PLTS Berbasis Mikrokontroler Arduin Uno," *SainETIn*, vol. 5, no. 1, pp. 8–16, Dec. 2020, doi: 10.31849/sainetin.v5i1.4370.
- [11] J. S. Siregar and H. Eteruddin, "Analisa Kualitas Daya Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Off Grid Pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning," vol. 6, no. 2, 2022.
- [12] T. Roynaldo, "JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG 2022".
- [13] A. Nurwanto, "RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) DENGAN SISTEM KONTROL AUTOMATIC TRANSFER SWITCH (ATS) DAN OPTIMALISASI KAPASITAS BATERAI," vol. 03, 2023.
- [14] M. A. Hidayat, R. Muliawan, and T. P. Pramudantoro, "Rancang Bangun Sistem Refrigerasi Mini Freezer dengan Menambahkan Pre-cooler Air Kondensat pada Pipa Discharge," *Pros. Ind. Res. Workshop Natl. Semin.*, vol. 14, no. 1, pp. 50–55, Aug. 2023, doi: 10.35313/irwns.v14i1.5359.