

# The Use of Solar Cells as a Temporary Power Source for Hikers' Backpacks

## [Pemanfaatan Solar Cell Sebagai Sumber Listrik Sementara Untuk Tas Carrier Para Pendaki]

Mochammad Rifqi Nazmi Al-Sya`bani<sup>1)</sup>, Jamaaluddin<sup>\*.2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

<sup>2)</sup> Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

\*Email Penulis Korespondensi: jamaaluddin@umsida.ac.id

**Abstract.** *The availability of electrical power is a critical challenge for mountain climbers in maintaining the functionality of communication and navigation devices while in the great outdoors. This study aims to design and implement a portable solar power generation system that is functionally integrated into a carrier bag as a solution for self-sufficient energy supply. The research method applied is quantitative experimental, covering the system design phase, prototype assembly, and performance testing of monocrystalline solar panels, a solar charge controller, a battery, and an inverter under various weather conditions in the field. Test results show that the system is capable of producing a maximum power output of 33.51 Watts under sunny and cloudy weather conditions, with the inverter's output voltage stability maintained within the range of 227–231 Volts. Technical analysis confirms that the daily energy accumulation of 112 Wh is more than sufficient, including the successful critical load test using a 250W travel kettle for ten minutes without any functional failure. Theoretically, the minimum battery capacity of 13.3 Ah has been validated as capable of ensuring a stable, continuous power supply for the hiker's electronic devices. This innovation has proven effective in enhancing energy self-sufficiency while supporting hiker safety during activities in highly dynamic outdoor environments.*

**Keywords -** Solar Panels, Carrier Bags, Renewable Energy, Inverters, Solar Charge Controllers

**Abstrak.** *Ketersediaan sumber daya listrik merupakan tantangan krusial bagi pendaki gunung dalam menjaga fungsionalitas perangkat komunikasi serta navigasi selama berada di alam terbuka. Penelitian ini bertujuan untuk merancang serta mengimplementasikan sistem pembangkit listrik tenaga surya portabel yang diintegrasikan secara fungsional pada tas carrier sebagai solusi pemenuhan energi mandiri. Metode penelitian yang diterapkan adalah kuantitatif eksperimental yang meliputi tahap perancangan sistem, perakitan prototipe, hingga pengujian performa panel surya monokristalin, Solar Charge Controller, baterai, dan inverter dalam berbagai kondisi cuaca di lapangan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan output daya maksimal sebesar 33,51 Watt pada kondisi cuaca cerah berawan, dengan stabilitas tegangan keluaran inverter yang terjaga pada rentang 227–231 Volt. Analisis teknis membuktikan bahwa akumulasi energi harian sebesar 112 Wh sangat mencukupi, termasuk keberhasilan pengujian beban kritis menggunakan travel kettle 250W selama sepuluh menit tanpa mengalami kegagalan fungsi. Secara teoritis, kapasitas baterai minimal 13,3 Ah telah divalidasi mampu menjamin kontinuitas suplai daya bagi beban elektronik pendaki secara stabil. Inovasi ini terbukti efektif dalam meningkatkan kemandirian energi sekaligus mendukung aspek keselamatan pendaki selama beraktivitas di lingkungan luar ruang yang sangat dinamis.*

**Kata Kunci –** Sel Surya, Tas Carrier, Energi Terbarukan, Inverter, Solar Charge Controlle

## I. PENDAHULUAN

Aktivitas mendaki gunung sudah menjadi suatu aktivitas olahraga yang telah populer di Indonesia.[1] Kegiatan mendaki biasanya berlangsung selama satu hari bahkan bisa lebih dari satu hari, banyak dari para pendaki yang sering mengalami tantangan dalam upaya mempertahankan daya baterai peralatan elektroniknya. Ada beberapa peralatan elektronik yang paling dibutuhkan di zaman sekarang seperti ponsel, kamera, senter, dan power-bank.[2]

Namun terbatasnya sumber daya listrik selama dalam perjalanan sudah menjadi masalah utama bagi para pendaki, alat elektronik seperti power-bank konvensional mempunyai kapasitas yang terbatas serta tidak memungkinkan untuk pengisian ulang di alam terbuka.[3][4] Hal ini dapat membahayakan keselamatan para pendaki yang kurangnya pemahaman mengenai SOP, bahkan banyak kasus dikalangan pendaki yang mengalami tersesat dan keterlambatan dalam meminta bantuan di situasi darurat dikarenakan perangkat komunikasi dan navigasi yang mati.[5]

Untuk mengatasi persoalan ini, pemanfaatan sumber energi alternatif menjadi sangat relevan, terutama dalam bentuk sistem yang portabel dan berkelanjutan.[6][7] Salah satu sumber energi yang menjanjikan adalah sinar matahari, yang dapat dikonversi menjadi energi listrik melalui teknologi sel surya (solar cell).[8][9][10] Teknologi ini mampu menyediakan pasokan energi secara langsung dari lingkungan sekitar tanpa ketergantungan pada infrastruktur listrik konvensional.

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

Pengintegrasian sel surya ke dalam perlengkapan pendakian, seperti tas carrier, merupakan pendekatan fungsional yang dapat memberikan nilai tambah secara praktis. Tas carrier yang dilengkapi dengan panel surya memungkinkan pengisian daya perangkat elektronik secara mandiri selama perjalanan berlangsung.[11] Selain itu, energi yang dihasilkan dapat disimpan dalam baterai untuk digunakan saat sinar matahari tidak tersedia.

Dengan mempertimbangkan keterbatasan energi listrik di alam terbuka serta kebutuhan pendaki akan perangkat elektronik yang tetap aktif, pengembangan sistem pembangkit listrik portabel berbasis sel surya menjadi solusi yang potensial.[12] Inovasi ini diharapkan dapat meningkatkan kemandirian energi para pendaki, sekaligus mendukung keamanan dan kelancaran aktivitas di lapangan.

pengembangan sistem ini juga mempertimbangkan aspek efisiensi energi, keandalan komponen, serta kemudahan dalam pengoperasian di lingkungan luar ruang yang dinamis.[13] Integrasi teknologi yang tepat diharapkan mampu menghasilkan sistem yang tidak hanya fungsional, tetapi juga adaptif terhadap perubahan kondisi lingkungan seperti intensitas cahaya matahari dan suhu. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi energi terbarukan skala kecil yang aplikatif, serta menjadi referensi bagi inovasi serupa dalam mendukung aktivitas manusia di daerah terpencil.

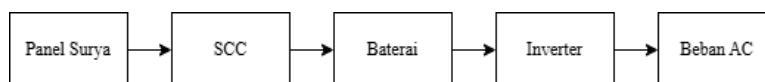
## II. METODE

Pendekatan penelitian yang diterapkan dalam studi ini adalah metode kuantitatif, yang dilakukan melalui serangkaian eksperimen berulang guna memperoleh data yang dapat dianalisis secara objektif. Analisis dilakukan dengan mengacu pada parameter kinerja panel surya, termasuk pengukuran tegangan (Volt), arus (Ampere), serta efisiensi konversi energi.

Dengan penggunaan metode kuantitatif memungkinkan diperolehnya data yang terukur secara presisi, sehingga mampu menunjukkan tingkat efektivitas sistem yang diuji. Selain itu, pendekatan ini juga memberikan dasar yang kuat bagi penerapan hasil penelitian pada konteks atau kondisi yang serupa.

### A. Diagram Sistem Kinerja Alat

Blok diagram pada gambar 1 menggambarkan alur kerja sistem konversi energi surya menjadi energi listrik. Setiap komponen pada diagram memiliki fungsi terintegrasi, dimulai dari penyerapan energi cahaya oleh panel surya hingga konversi energi daya listrik oleh inverter.

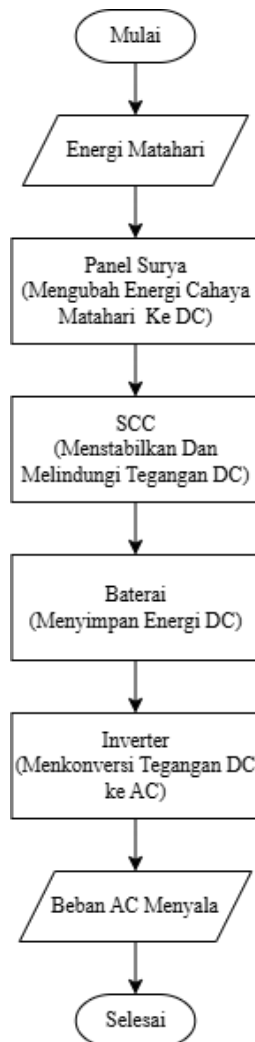


**Gambar 1.** Diagram Blok Sistem

Panel surya berperan sebagai komponen utama dalam sistem konversi energi cahaya matahari menjadi listrik arus searah (DC) melalui prinsip fotovoltaik.[14][15] Energi listrik yang dihasilkan kemudian diarahkan ke solar charge controller yang bertugas menstabilkan tegangan dan arus sebelum dialirkan ke baterai, serta melindungi sistem dari risiko pengisian dan pengosongan berlebih.[16] Energi yang telah diatur selanjutnya disimpan dalam baterai sebagai cadangan daya yang dapat digunakan saat intensitas cahaya matahari tidak mencukupi, seperti pada malam hari. Arus DC dari baterai kemudian dikonversi oleh inverter menjadi arus bolak-balik (AC) sehingga kompatibel dengan berbagai perangkat elektronik. Energi listrik AC tersebut dimanfaatkan untuk mengoperasikan beban seperti alat penerangan atau perangkat pengisian daya lainnya.

### B. Flowchart Sistem

Flowchart pada penelitian ini disusun untuk menggambarkan alur kerja sistem pembangkit listrik tenaga surya portabel secara terstruktur dan sistematis.[17] Diagram ini menjelaskan proses konversi energi mulai dari penyerapan radiasi matahari hingga pemanfaatan energi listrik oleh beban, sehingga memudahkan pemahaman terhadap mekanisme kerja setiap komponen yang terintegrasi dalam sistem. Proses dimulai dari penangkapan radiasi matahari oleh panel surya yang mengubahnya menjadi arus searah (DC).[18] Arus tersebut dialirkan menuju Solar Charge Controller (SCC) yang berfungsi menstabilkan tegangan sekaligus melindungi sistem dari kelebihan arus.[19] Energi DC yang sudah terkontrol kemudian disimpan di dalam baterai, sehingga tetap dapat digunakan meskipun tidak ada paparan sinar matahari. Selanjutnya, energi yang tersimpan dikonversi oleh inverter menjadi arus bolak-balik (AC), sehingga dapat dimanfaatkan untuk mengoperasikan berbagai perangkat elektronik yang dibutuhkan saat pendakian, seperti lampu penerangan, alat komunikasi, maupun pengisian daya perangkat portabel.[20] Alur berakhir ketika energi AC berhasil digunakan untuk menunjang aktivitas pendakian



**Gambar 2.** Flowchart

### C. Rangkaian Perangkat Keras

Pada gambar rangkaian di bawah ini ditampilkan konfigurasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) skala kecil yang dirancang secara terintegrasi. Rangkaian ini terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu panel surya, solar charge controller (SCC), baterai sebagai media penyimpanan energi, power inverter, serta beban listrik sebagai pemanfaat energi akhir.[21] Susunan komponen tersebut membentuk suatu sistem konversi dan distribusi energi yang bekerja secara berkesinambungan.



**Gambar 3.** Rangkaian Perangkat Keras

Panel surya berfungsi mengonversi energi radiasi matahari menjadi energi listrik dalam bentuk arus searah (DC) melalui prinsip efek fotovoltaik. Energi listrik yang dihasilkan kemudian dialirkan menuju solar charge controller

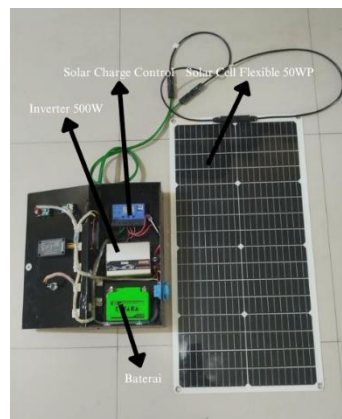
(SCC) yang berperan dalam mengatur tegangan dan arus agar proses pengisian baterai berlangsung secara optimal, stabil, dan aman dari risiko overcharge maupun overdischarge.[22] Energi yang telah tersimpan dalam baterai selanjutnya digunakan sebagai sumber daya cadangan yang dapat dimanfaatkan kapan saja. Arus searah dari baterai kemudian dikonversi oleh inverter menjadi arus bolak-balik (AC), sehingga kompatibel untuk mengoperasikan berbagai perangkat elektronik[23]. Dengan demikian, sistem ini mampu menyediakan suplai energi listrik yang fleksibel dan mendukung kebutuhan penggunaan di lingkungan luar ruang.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Gambar 4 dan Gambar 5 ditampilkan realisasi dari prototipe perangkat yang telah dikembangkan. Prototipe tersebut memperlihatkan integrasi tas carrier berkapasitas 60L dengan sistem tenaga surya yang terdiri dari panel surya monokristalin, Solar Charge Controller (SCC), baterai, serta inverter 500W. Seluruh komponen dirancang dan dirakit dalam satu kesatuan sistem yang kompak sehingga mampu bekerja secara terkoordinasi untuk mengonversi energi matahari menjadi energi listrik. Perancangan ini memungkinkan perangkat untuk menyediakan sumber daya mandiri bagi alat elektronik pendaki seperti ponsel, senter, dan lampu tenda secara langsung dari lingkungan sekitar.



**Gambar 4.** Tampak Luar Prototipe Panel Surya Untuk Pendakian



**Gambar 5.** Tampak Dalam Prototipe Panel Surya Untuk Pendakian

Pengujian sistem dan pengambilan data dilakukan melalui beberapa tahap percobaan dengan kriteria yang berbeda untuk mengevaluasi kinerja perangkat secara menyeluruh. Penggunaan beragam kriteria dalam proses pengujian bertujuan untuk memastikan bahwa sistem serta perangkat keras yang digunakan, seperti panel surya dan unit penyimpanan energi, mampu beroperasi sesuai dengan rancangan dan fungsi yang telah ditetapkan. Melalui tahapan tersebut, dapat diketahui tingkat efisiensi konversi energi dan keandalan sistem dalam berbagai kondisi intensitas cahaya sehingga hasil yang diperoleh dapat merepresentasikan kinerja perangkat secara lebih akurat.

Pengujian alat dilakukan sebagai tahapan evaluasi untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan mampu beroperasi sesuai dengan fungsi yang telah dirancang. Proses pengujian bertujuan untuk menilai tingkat kesiapan perangkat sebelum digunakan pada kondisi pendakian yang sesungguhnya serta untuk mengetahui kinerja sistem

secara keseluruhan. Pelaksanaan pengujian disusun secara terstruktur agar setiap fungsi utama dapat dievaluasi dengan jelas. Tahapan pengujian meliputi pengukuran tegangan keluaran panel surya pada berbagai kondisi cuaca, pengamatan arus pengisian pada baterai, serta pengujian stabilitas arus bolak-balik (AC) pada output inverter saat dibebani perangkat elektronik. Hasil dari pengujian tersebut digunakan sebagai dasar analisis untuk memastikan bahwa perangkat dapat bekerja secara stabil dalam memenuhi kebutuhan energi harian.

### A. Pengujian Kinerja Panel Surya terhadap Variasi Waktu dan Kondisi Cuaca

Untuk mengevaluasi kinerja panel surya dalam mengonversi energi radiasi matahari menjadi energi listrik, dilakukan pengukuran terhadap parameter tegangan dan arus keluaran panel pada interval waktu tertentu. Pengambilan data dilakukan secara berkala setiap 30 menit dengan mempertimbangkan variasi kondisi cuaca yang terjadi selama proses pengujian. Selain itu, dilakukan pula pengukuran tegangan pada sisi inverter sebagai indikator awal distribusi energi ke beban. Hasil pengukuran tersebut disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Pengujian Kinerja Panel Surya terhadap Variasi Waktu dan Kondisi Cuaca

No.	Jam Setiap (30 Menit)	Kondisi Cuaca	Tegangan Sel Surya (Volt)	Arus Sel Surya (Amper)	Daya (Watt)	Tegangan Inverter (Volt)
1	10.30	Cerah	13,14	2,39	31,40	230
2	11.00	Cerah	12,93	2,42	31,29	231
3	11.30	Cerah	13,49	2,44	32,91	231
4	12.00	Cerah	13,51	2,41	32,55	228
5	12.30	Cerah	13,43	2,27	30,48	230
6	13.00	Cerah Berawan	14,20	2,36	33,51	227
7	13.30	Cerah Berawan	14,08	2,31	32,52	230
8	14.00	Berawan	13,40	1,90	25,46	230
9	14.30	Berawan	13,30	1,70	22,61	230

Berdasarkan hasil pengujian yang tersaji pada Tabel 1, kinerja panel surya dalam mengonversi energi radiasi matahari menjadi daya listrik sangat dipengaruhi oleh dinamika kondisi cuaca di lapangan. Perhitungan daya keluaran ( $P$ ) dilakukan dengan mengalikan parameter tegangan ( $V$ ) dan arus ( $I$ ) sesuai dengan persamaan (1) dasar listrik:

$$P = V \times I \quad (1)$$

Data menunjukkan bahwa output daya tertinggi tercapai pada pukul 13.00 dengan nilai sebesar 33,51 Watt saat kondisi cuaca cerah berawan, yang mengindikasikan bahwa panel surya monokristalin mencapai titik performa optimal pada saat intensitas radiasi matahari berada di puncaknya. Namun, terjadi penurunan arus yang cukup signifikan ketika cuaca berubah menjadi berawan pada pukul 14.00 hingga 14.30, di mana arus merosot hingga 1,70 Amper yang mengakibatkan daya keluaran turun menjadi 22,61 Watt. Penurunan ini membuktikan bahwa ketersediaan arus listrik sangat bergantung pada densitas radiasi foton yang diterima oleh permukaan sel fotovoltaik. Meskipun terjadi fluktuasi daya pada sisi input, tegangan output pada inverter tetap menunjukkan stabilitas yang konsisten pada rentang 227 V hingga 231 V. Hal ini menegaskan bahwa integrasi *Solar Charge Controller* (SCC) dan baterai berfungsi secara efektif sebagai regulator energi yang mampu menjaga kontinuitas suplai daya ke beban AC, sehingga sistem ini dinyatakan layak untuk mendukung kebutuhan energi perangkat elektronik selama aktivitas pendakian.

### B. Pengujian Karakteristik Pengisian Baterai pada Sistem PLTS

Pengujian selanjutnya difokuskan pada proses penyimpanan energi listrik ke dalam baterai sebagai media penyimpanan utama dalam sistem. Parameter yang diamati meliputi tegangan baterai, arus pengisian, serta tegangan keluaran DC dari sistem. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui karakteristik proses pengisian serta kestabilan energi yang disuplai oleh solar charge controller. Data hasil pengujian pengisian baterai ditampilkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Pengujian Karakteristik Pengisian Baterai pada Sistem PLTS

No.	Jam Setiap (30 Menit)	Kondisi Cuaca	Tegangan Pada Baterai (Volt)	Arus Pengisian Pada Baterai (Amper)	Tegangan DC (Output)
1	10.30	Cerah	12,48	0,34	12,55
2	11.00	Cerah	12,82	0,40	12,68
3	11.30	Cerah	13,36	0,43	13,00
4	12.00	Cerah	13,40	0,36	13,24
5	12.30	Cerah	13,12	0,24	13,04
6	13.00	Cerah	13,90	0,39	13,80
		Berawan			
7	13.30	Cerah	14,08	0,24	13,98
		Berawan			
8	14.00	Berawan	13,30	0,20	13,15
9	14.30	Berawan	13,20	0,15	13,10

Proses pengisian energi listrik ke dalam unit penyimpanan (baterai) merupakan parameter krusial untuk menjamin ketersediaan daya cadangan selama aktivitas luar ruang. Berdasarkan data yang dihimpun pada Tabel 2, terlihat bahwa performa pengisian sangat dipengaruhi oleh dinamika kondisi cuaca yang memengaruhi arus masukan ke dalam sistem baterai. Pada periode pukul 10.30 hingga 13.00 dengan kondisi cuaca cerah, tegangan baterai mengalami peningkatan progresif dari 12,48 Volt hingga mencapai puncaknya di angka 14,08 Volt pada pukul 13.30. Fenomena ini menunjukkan bahwa *Solar Charge Controller* (SCC) berhasil meregulasi tegangan pengisian secara optimal mengikuti intensitas cahaya matahari.

Namun, arus pengisian terpantau mengalami fluktuasi dan penurunan yang signifikan saat cuaca berubah menjadi berawan pada pukul 14.00 dan 14.30, di mana arus pengisian merosot hingga mencapai titik terendah sebesar 0,15 Amper. Penurunan arus ini secara langsung menghambat laju akumulasi energi ke dalam baterai, mengonfirmasi sensitivitas proses pengisian terhadap kerapatan radiasi foton yang diterima panel surya. Meskipun terjadi variasi arus pengisian, tegangan DC output tetap berada pada rentang yang stabil antara 12,55 Volt hingga 13,98 Volt, yang mengindikasikan bahwa sistem manajemen daya mampu mempertahankan stabilitas tegangan keluaran agar tetap kompatibel dengan beban listrik yang digunakan. Secara keseluruhan, data ini membuktikan bahwa meskipun intensitas matahari tidak konstan, sistem pengisian tetap berfungsi dalam batas toleransi operasional untuk mendukung kemandirian energi para pendaki.

### C. Analisis Konsumsi Energi Beban pada Sistem

Selain pengujian pada sisi pembangkitan, dilakukan pula analisis terhadap konsumsi energi dari beban yang digunakan dalam sistem. Parameter yang diperhitungkan meliputi daya masing-masing perangkat, durasi pemakaian, serta energi yang dikonsumsi dalam satuan watt-hour (Wh). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kebutuhan energi harian sistem secara keseluruhan. Hasil perhitungan konsumsi energi beban ditampilkan pada Tabel 3. Perhitungan total konsumsi energi harian dilakukan menggunakan persamaan (2) dasar energi:

$$E_{load} = \sum(P_i \times T_i) \quad (2)$$

Dimana :  $E_{load}$  = Total konsumsi energi

$P_i$  = Daya perangkat (W)

$T_i$  = Durasi penggunaan perangkat (Jam)

**Tabel 3.** Analisis Konsumsi Energi Beban pada Sistem

Waktu	Perangkat	Daya (W)	Durasi (Jam)	Energi (Wh)
Pagi Hari	<i>Handphone</i>	15 W	1 Jam	15
Pagi Hari	<i>Headlamp</i>	9 W	1 Jam	9
Siang Hari	<i>Handphone</i>	15 W	1 Jam	15
Siang Hari	<i>Headlamp</i>	9 W	1 Jam	9
Malam Hari	<i>Handphone</i>	15W	1 Jam	15
Malam Hari	<i>Headlamp</i>	9 W	1 Jam	9
Malam Hari	<i>Trevel Kettle</i>	250 W	10 Menit	40
Total Konsumsi Energi Per Hari = 112Wh				

Berdasarkan data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa total kebutuhan energi harian mencapai 113,67 Wh. Perlu dicatat bahwa penggunaan perangkat *travel kettle* berdaya 250 W dalam skenario ini merupakan bagian dari pengujian teknis untuk mengevaluasi ketahanan sistem saat dibebani daya tinggi. Hasil pengujian membuktikan bahwa kapasitas baterai dan performa inverter pada tas *carrier* ini sangat mencukupi untuk menyuplai beban sebesar 250 W selama 10 menit secara stabil. Keberhasilan simulasi beban puncak ini memberikan validasi bahwa sistem tidak hanya mampu melayani kebutuhan daya rendah yang berkelanjutan, tetapi juga memiliki keandalan yang tinggi dalam menangani beban kerja yang lebih berat tanpa mengalami kegagalan fungsi.

#### D. Evaluasi Teoritis Kecukupan Energi pada Sistem Fotovoltaik

Analisis kinerja sistem dalam penelitian ini didasarkan pada formulasi matematis standar untuk mengevaluasi efektivitas konversi energi radiasi matahari menjadi energi listrik. Penggunaan persamaan-persamaan ini bertujuan untuk memberikan validasi kuantitatif terhadap data hasil pengujian lapangan, sehingga korelasi antara parameter elektrik seperti tegangan, arus, dan daya dapat dipetakan secara akurat. Adapun implementasi rumus terhadap data hasil penelitian adalah sebagai berikut:

$$E_{pv} = \frac{E_{load}}{\eta_{inv} \times \eta_{ch}} \quad (3)$$

Keterangan:  $E_{load}$  = Total konsumsi energi  
 $\eta_{ch}$  = Efisiensi *solar charge control*  
 $\eta_{inv}$  = Efisiensi inverter

Energi yang harus dihasilkan panel surya harus lebih besar dari beban untuk menutupi rugi-rugi pada inverter dan *solar charge controller* menggunakan Persamaan (3).

$$E_{pv} = \frac{112Wh}{0,8} = 140Wh$$

Kalkulasi total energi yang harus dihasilkan oleh panel surya dengan asumsi efisiensi sistem sebesar 80% sebesar 140Wh.

$$P_{pv} = \frac{E_{pv}}{H_{psh}} \quad (4)$$

Keterangan:  $P_{pv}$  = Daya minimum panel surya  
 $E_{pv}$  = Energi yang harus dihasilkan panel surya  
 $H_{psh}$  = Jam efektif penyinaran

Untuk menentukan apakah kapasitas panel surya mencukupi, digunakan perhitungan daya minimum berdasarkan jam efektif penyinaran (*Peak Sun Hour*) menggunakan Persamaan (4).

$$P_{pv} = \frac{140}{4} = 35Wp$$

Berdasarkan hasil pengujian di mana panel mampu menghasilkan daya sesaat hingga 33,51 Watt pada kondisi cerah berawan

$$I_{pv} = \frac{P_{pv}}{V_{bat}} \quad (5)$$

Keterangan:  $I_{pv}$  = Arus maksimum panel surya  
 $P_{pv}$  = Daya minimum panel surya  
 $V_{bat}$  = Tegangan nominal baterai

Berdasarkan hasil kalkulasi menggunakan proyeksi daya minimum 35Wp dan tegangan baterai 12V diperoleh nilai teoritis sebagai berikut:

$$I_{pv} = \frac{35watt}{12V} = 2,91A$$

Data pada Tabel 1 menunjukkan arus aktual tertinggi sebesar 2,44 Amper pada pukul 11.30 WIB. Selisih antara nilai teoritis 2,91A dan hasil pengujian lapangan 2,44A disebabkan oleh faktor rugi-rugi teknis serta intensitas radiasi matahari yang tidak konstan, namun secara keseluruhan sistem menunjukkan keandalan yang memadai dalam proses pengisian daya baterai secara efektif.

$$C_{bat} = \frac{E_{malam}}{V_{bat} \times DOD \times \eta_{inv}} \quad (6)$$

Keterangan:  $E_{malam}$  = Energi total malam hari  
 $V_{bat}$  = Tegangan pada baterai  
DOD = *Depth Of Discharger*  
 $\eta_{inv}$  = Efisiensi inverter

Kapasitas baterai ditentukan agar mampu menyuplai beban, terutama pada malam hari, menggunakan Persamaan (6).

$$C_{bat} = \frac{64Wh}{12V \times 0,5 \times 0,8} = 13,3Ah$$

Perhitungan ini memberikan validasi bahwa baterai yang digunakan harus memiliki kapasitas minimal di atas 13,3 Ah untuk menjamin keamanan sistem selama aktivitas pendakian berlangsung.

#### IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan terhadap sistem pembangkit listrik tenaga surya portabel pada tas *carrier*, dapat disimpulkan bahwa inovasi ini mampu berfungsi secara optimal sebagai sumber energi mandiri bagi pendaki gunung. Integrasi panel surya tipe monokristalin, *Solar Charge Controller* (SCC), baterai, dan inverter berhasil diwujudkan dalam satu kesatuan sistem yang kompak dan stabil. Hasil pengujian kinerja menunjukkan bahwa output daya sangat dipengaruhi oleh dinamika kondisi cuaca, dengan capaian daya maksimal sebesar 33,51 Watt pada kondisi cerah berawan yang mampu memenuhi kebutuhan pengisian daya perangkat elektronik seperti ponsel dan senter secara efektif.

Analisis teknis lebih lanjut mengonfirmasi bahwa sistem pengisian baterai memiliki karakteristik yang stabil, dengan kemampuan regulasi tegangan yang baik oleh SCC meskipun intensitas radiasi matahari berfluktuasi. Validasi melalui evaluasi teoritis menunjukkan adanya keselarasan antara perhitungan matematis dan data aktual, di mana kapasitas baterai sebesar 13,3 Ah dinilai memadai untuk menjamin kontinuitas suplai daya, terutama pada skenario penggunaan malam hari. Selain itu, keberhasilan simulasi beban puncak menggunakan perangkat berdaya tinggi membuktikan ketahanan teknis sistem dalam menangani beban kerja yang bervariasi tanpa mengalami kegagalan fungsi. Secara keseluruhan, perangkat ini memiliki potensi besar untuk meningkatkan kemandirian energi dan keselamatan pendaki selama beraktivitas di alam terbuka, meskipun optimalisasi lebih lanjut pada efisiensi komponen masih dapat dikembangkan di masa mendatang.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada Bapak/Ibu Dosen Pembimbing atas bimbingan serta arahan teknis yang senantiasa diberikan sepanjang pelaksanaan penelitian ini. Apresiasi juga ditujukan kepada rekan-rekan mahasiswa di Laboratorium Teknik Elektro yang telah memberikan bantuan selama proses pengujian komponen serta kerja sama yang baik dalam pengambilan data di lapangan. Seluruh dukungan yang diterima penulis menjadi kontribusi penting dalam penyempurnaan dan tuntasnya naskah penelitian ini.

## REFERENSI

- [1] B. A. Permadi, M. Yunus, I. Hariadi, and M. Putra, "Tingkat Aktivitas Fisik Pendaki Gunung Panderman Buthak Kota Batu," *Pop. J. Penelit. Mhs.*, vol. 4, no. 1, pp. 302–315, 2025, doi: 10.58192/populer.v4i1.3076.
- [2] M. Birrulwalidaini, C. Chalik, and Y. Herlambang, "Perancangan Tas Carrier Eleven Outdoor Mowa Dengan Fitur Solar Panel Dan Rechargeable Battery Untuk Menunjang Aktivitas Pendakian," vol. 11, no. 1, pp. 3072–3083, 2024.
- [3] T. Antonius Doemaar and S. Rumalutur, "Perancangan Dan Pembuatan Charge Phone Menggunakan Solar Cell Untuk Digunakan Pada Fasilitas Umum Outdoor," *J. Elektro Luceat*, vol. 8, no. 1, 2022.
- [4] V. Dwisari, S. Sudarti, and Y. Yushardi, "Pemanfaatan Energi Matahari: Masa Depan Energi Terbarukan," *Opt. J. Pendidik. Fis.*, vol. 7, no. 2, pp. 376–384, 2023, doi: 10.37478/optika.v7i2.3322.
- [5] M. Alifi Ashofi, M. Ardita, and Y. Limpraptono, "Desain Pembangunan Sumber Energi Listrik Skala Kecil Di Area Pegunungan," *SinarFe7-6*, vol. 6, no. 1, pp. 103–111, 2024.
- [6] J. Jamaaluddin, I. Anshory, S. Sartika, Khoiri, and Mardiyono, "Utilizing Solar Power for Communication and Illumination in Disaster Zones," *Acad. Open*, vol. 8, Aug. 2023, doi: 10.21070/acopen.8.2023.7236.
- [7] DWI SAPUTRA, "PEMANFAATAN SALURAN AIR IRIGASI SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKOHIDRO MENGGUNAKAN SISTEM JUMPING WATERe," 2022.
- [8] F. I. Pasaribu and M. Reza, "Design and Build an Arduino-Based Charging Station Using 50 WP Solar Cells," *R E L E (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 46–55, 2021.
- [9] I. Anshory *et al.*, "Case Studies in Thermal Engineering Monitoring solar heat intensity of dual axis solar tracker control system : New approach," *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 53, no. November 2023, p. 103791, 2024, doi: 10.1016/j.csite.2023.103791.
- [10] S. S. Akhmad Ahfas, Dwi Hadidjaja R.S., "ID CARD SEBAGAI CHARGER HP BERBASIS ENERGI TERBARUKAN," 2022, doi: <https://doi.org/10.21070/pssh.v3i1.237>.
- [11] R. A. A. N. R. Atha and Mochamad Tutuk Safirin, "Perancangan Produk Convertible Bag Dengan Panel Surya Yang Ergonomis Menggunakan Metode Quality Function Deployment (Qfd)," *J-Ensiec*, vol. 9, no. 01, pp. 708–715, 2022, doi: 10.31949/jensiec.v9i01.2734.
- [12] A. M. Al Farizi and M. Widyartono, "Monitoring Energi Listrik Generator Tenaga Surya Portabel Berbasis IoT Untuk Kebutuhan Listrik Didaerah Bencana," *J. Tek. Elektro*, vol. 12, no. 2, pp. 92–97, 2023, doi: 10.26740/jte.v12n2.p92-97.
- [13] M. U. M. Arief Wisaksono, "KONTROL LAMPU OTOMATIS DENGAN SISTEM HYBRID," vol. 1, no. 10, pp. 2359–2366, 2022, [Online]. Available: <https://bajangjournal.com/index.php/JCI/article/view/2565/1807>
- [14] J. Jamaaluddin *et al.*, "Heat Transfer Management of Solar Power Plant for Dryer," *Int. J. Eng. Appl.*, vol. 12, no. 3, pp. 195–203, 2024, doi: 10.15866/irea.v12i3.23959.
- [15] I. Sulistiyowati, J. Jamaaluddin, and I. Anshory, "Procedia of Social Sciences and Humanities Characteristics of Direct-Coupling Fuel Cell Injection in Renewable Energy Hybrid Power Generation Electrical Systems Karakteristik Injeksi Fuel Cell Secara Direct-Coupling Pada Sistem Kelistrikan Pembangkit Hibrida Energi Terbarukan Procedia of Social Sciences and Humanities," vol. 0672, no. c, pp. 748–756, 2022.
- [16] I. A. Mochammad Rendi P, Jamaaluddin, Indah Sulistiyowati, "Electric Bicycle Battery Charging System Design Using Solar Panel," vol. 8, no. 2, pp. 70–80, 2024, doi: <https://doi.org/10.21070/jeeeu.v8i2.1698>.
- [17] I. S. Syamsudduha Syahrurini, "Implementasi Dot Matrix Max7219 Untuk Display Harga Produk Implementation Of Dot Matrix Max7219 For Product Price Display," vol. 6, pp. 161–167, 2024, doi: <https://doi.org/10.37905/jjee.v6i2.24712>.
- [18] I. Anshory, J. Jamaaluddin, A. Wisaksono, and I. Sulistiyowati, "Results in Engineering Optimization DC-DC boost converter of BLDC motor drive by solar panel using PID and firefly algorithm," *Results Eng.*, vol. 21, no. December 2023, p. 101727, 2024, doi: 10.1016/j.rineng.2023.101727.
- [19] M. Abdillah, R. C. Batubara, N. I. Pertiwi, and H. Setiadi, "Design of Maximum Power Point Tracking System Based on Single Ended Primary Inductor Converter Using Fuzzy Logic Controller," *Int. J. Intell. Eng. Syst.*, vol. 15, no. 1, pp. 350–360, 2022, doi: 10.22266/IJIES2022.0228.32.
- [20] J. Jamaaluddin, S. D. Ayuni, I. Apriliana, and S. Wulandari, "Design of Automatic Transfer Switch System Solar Power Plant – PLN," vol. 7, no. 2, pp. 57–64, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.18196/jet.v7i2.14651>
- [21] G. N. S. Muhammad Fikri Nugroho, Didik Riyanto, "Analysis of the Effectiveness of Solar Cell Voltage Based on the Angle of Exposure to Sunlight," vol. 6, no. 2, pp. 120–132, 2022, doi: <https://doi.org/10.21070/jeeeu.v6i2.1559>.
- [22] S. D. Ayuni, "Elinvo ( Electronics , Informatics , and Vocational Education ) Lapindo Embankment Security Monitoring System Based on IoT," vol. 6, no. 1, pp. 40–48, 2021, doi: 10.21831/elinvo.v6i1.40429.
- [23] M. N. N. Arief Wisaksono, "Earthquake monitoring system based on Wemos D1 Mini with notification via WhatsApp Earthquake monitoring system based on Wemos D1 Mini with notification via WhatsApp," 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1104/1/012029.

**Conflict of Interest Statement:**

*The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.*