

Desain Pembangunan Sumber Energi Listrik Skala Kecil Di Area Pegunungan

Muhamad Alifi Ashofi^{1*}, Michael Ardita², Yudi Limpraptono³

Teknik Elektro S 1, Institut Teknologi Nasional, Malang

^{1*}alifi.ashofi@gmail.com, ² michael.ardita@lecturer.itn.ac.id, ³ fyudil@lecturer.itn.ac.id

Abstract - Indonesia is a vast country, encompassing a diverse range of topographical features, including mountains and oceans. Currently, travel is a popular pastime among Indonesian citizens, particularly in the climbing sector. However, despite the growing number of tourists, climbing continues to present a number of challenges, including instances of climbers becoming lost or suffering from hypothermia due to adverse weather conditions. This highlights the need for the development of effective environmental detection devices that can assist climbers in navigating these risks. The detection device requires a source of electrical power, as PLN is still difficult to reach. Therefore, a PLTS is the optimal solution. This research aims to construct a PLTS to serve as a supplementary source of electrical power. The findings of this study indicate 90,4 Eh. Based on the findings of this study, the calculation of the required number of solar panels in mountainous areas, such as Jarak Ijo, should be increased by 59% to account for the discrepancy between the calculated energy and the actual energy, which was found to be only 41% of the required amount.

Keywords — PLTS, current, voltage, power, energy.

Abstrak— Indonesia memiliki teritorial yang sangat luas, mencakup pegunungan dan lautan. Saat ini berwisata menjadi salah satu kesukaan warga Indonesia terutama pada sektor pendakian, namun ditengah keramaian wisatawan yang mendaki masih menyimpan banyak permasalahan, diantaranya pendaki yang hilang atau sakit hipotermia yang diakibatkan oleh cuaca buruk, sehingga perlu adanya alat pendeteksi lingkungan yang nantinya akan sangat berguna bagi pendaki. Alat pendeteksi membuahkan sumber energi listrik, dikarenakan PLN masih sulit menjangkau, maka PLTS adalah solusinya, pada penelitian ini bermaksud untuk membangun PLTS sebagai pendukung kebutuhan energi listrik. Berdasarkan penelitian ini menghasilkan data panen energi sebesar 90,4 Wh. Berdasarkan penelitian ini untuk perhitungan kebutuhan panel surya yang dibangun di area pegunungan seperti di Jarak Ijo seharusnya ditambah sebesar 59% dari perhitungan, hal ini dikarenakan berdasarkan hasil penelitian ini yang menunjukkan bahwa panen energi hanya berkisar di angka 41% dari besar panen energi yang harus dihasilkan.

Kata Kunci—PLTS, arus, tegangan, daya, energi.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia memiliki teritorial luas yang mencakup darat dan laut, Daratan Indonesia tidak semua memiliki ketinggian yang sama, namun meliputi daratan rendah dan dataran tinggi atau

daerah pegunungan. Gunung saat ini menjadi trend wisata bagi para masyarakat Indonesia ataupun wisatawan asing dari luar negeri, Gunung Indonesia terkenal memiliki keindahan alam yang luar biasa sehingga banyak sekali orang yang berkeinginan untuk mendakinya, trend beberapa artis mempengaruhi masyarakat luas untuk berbondong-bondong mengikutinya. Mendaki gunung bisa diartikan sebagai perjalanan untuk mencapai puncak gunung dengan berbagai rintangan yang dilaluinya, dengan banyaknya pendaki ternyata menyisakana banyak permasalahan, hal ini dikarenakan tidak semua pendaki mengerti tentang SOP, sehingga menyebabkan banyak hal yang tidak diinginkan terjadi seperti hilang diperjalanan menuju puncak atau yang paling sering adalah sakit Hipotermia yang disebabkan karena kurangnya pengetahuan kelengkapan yang harus dibawa ketika berada di gunung. [1] [2]

Sakit yang diderita para pendaki pada umumnya yaitu Hipotermia,, sakit yang disebabkan oleh suhu yang ekstrim sehingga badan tidak kuat dan bisa menghasilkan panas. Kasus hipotermia menjadi satu-satunya penyakit yang selalu diantisipasi oleh para pendaki gunung, di Indonesia sendiri kasus kematian yang disebabkan oleh Hipotermia dari tahun 2015-2018 setidaknya telah memakan sebanyak 85 korban. [1][3]. karena banyaknya korban yang disebabkan Hipotermia, diperlukan sebuah alat yang bisa menjadi referensi para pendaki tentang keadaan lingkungan pegunungan sebelum dilakukan pendakian, sehingga dapat meminimalisir hal yang tidak diinginkan terjadi. Pemasangan alat pendeteksi pada gunung masih memiliki persoalan karena tempat yang tinggi dan jauh dari pemukiman sehingga kebutuhan listrik tidak dapat disuplai oleh PLN, oleh karenanya diperlukan energi listrik yang bersumber dari energi terbarukan yang bisa didirikan di pegunungan, dalam kasus ini yang memungkinkan yaitu didirikan Pembangkit Listrik Tenaga Surya. [4]

Kebutuhan listrik dipegunungan yang belum tercukupi oleh PLN dapat dipenuhi dengan didirikannya Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Oleh karenanya dalam penelitian ini penulis ingin merealisasikan pembangunan PLTS di pegunungan dengan maksud untuk penyedia sumber listrik untuk kebutuhan alat pendeteksi keadaan lingkungan pegunungan. PLTS sudah banyak dibangun didaerah dataran rendah, yang tentunya berbeda dengan pegunungan, oleh karenanya penulis juga ingin mengumpulkan data perbedaan PLTS ketika

didirikan di pegunungan seperti lama waktu efisiensi charger pada baterai. [5]. Bagaimana desain sumber daya listrik skala kecil di area pegunungan menjadi tujuan penelitian disini

B. Kajian Pustaka

1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah sistem yang mengubah energi cahaya matahari atau radiasi elektromagnetik menjadi energi listrik dengan prinsip kerja efek *photovoltaic*. Efek *photovoltaic* terjadi karena kontak antara dua elektroda dengan sistem cairan atau padatan yang berada dibawah sinar matahari akan menghasilkan voltase listrik atau tegangan listrik [6].

Jumlah listrik bergantung pada cuaca pada daerah pemasangan sistem PLTS. Semakin banyak pancaran cahaya matahari maka semakin banyak pula listrik yang dihasilkan begitu juga sebaliknya, jika pancaran cahaya matahari sedikit atau terjadi mendung maka semakin sedikit pula energi listrik yang dihasilkan. Energi listrik yang berlebihan pada siang hari akan disimpan didalam baterai untuk digunakan kapanpun saat tidak ada cahaya matahari. Gambar 2. merupakan penerapan PLTS.



Gambar 1 PLTS

Sifat kelistrikan panel surya biasanya diwakili oleh sistem tegangan arus atau juga dikenal sebagai kurva IV. Maka daya input panel surya dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari (W/m^2) dan luas penampang panel surya (m^2). Untuk menghitung daya input yang dihasilkan dapat menggunakan persamaan berikut [7] :

$$P_{in} = I \times A \tag{1}$$

Dimana:

- P_{in} = Daya yang masuk panel surya (W)
- I = Intensitas cahaya matahari (W/m^2)
- A = Luas Penampang Panel Surya (m^2)

Sedangkan untuk mengetahui daya yang dihasilkan panel surya yaitu hasil kali tegangan dan arus [7] :

$$P_{out} = V \times I \tag{2}$$

Dimana:

- P_{out} = Daya keluaran modul (W)
- V = Tegangan kerja modul (V)
- I = Arus kerja modul (A)

Untuk menghitung berapa jumlah panel surya yang akan digunakan bisa menggunakan persamaan berikut [8] :

$$\Sigma_{modul} = \frac{E_{tot}}{P_{out\ modul} \times S_o} \tag{3}$$

Dimana:

- Σ_{modul} = Jumlah modul surya
- Σ_{total} = Beban total dalam sehari (Wh)
- P_{out} = Daya output modul (W)
- S_o = Lama Penyinaran (h)

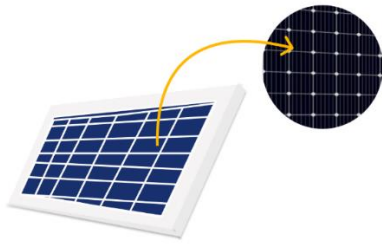
Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dapat dirancang secara mandiri dari skala kecil hingga besar. Sistem pembangkit listrik tenaga surya ada 3 macam yaitu sistem PLTS *On-Grid*, Sistem PLTS *Off-Grid*, dan sistem PLTS Hibrida. Sistem PLTS *On-Grid* merupakan sistem yang terkoneksi jaringan PLN tanpa menggunakan baterai dan kelebihan PLTS *On-Grid* adalah jika listrik terlalu banyak maka listrik dapat dialihkan ke PLN bahkan dibayar oleh PLN untuk setiap listrik yang disuplai ke jaringan PLN. Sistem PLTS *Off-Grid* merupakan sistem yang hanya bersumber dari energi matahari dengan penyimpanan pada baterai tanpa bantuan energi lain atau *stand alone*. Sistem PLTS *Off-Grid* umumnya ditujukan untuk melistriki daerah-daerah terpencil yang sulit dijangkau dengan jaringan PLN. Sedangkan sistem PLTS Hibrida merupakan gabungan dari energi matahari dan sumber energi lain seperti energi angin, jaringan PLN dan lain sebagainya.

2. Panel Surya

Kumpulan beberapa sel surya yang terbuat dari bahan semikonduktor dapat disusun membentuk panel surya yang digunakan untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. sel surya tersebut akan berfungsi menyerap cahaya matahari. Cahaya matahari yang diserap oleh sel surya mengandung foton (partikel sinar matahari) atau gelombang elektromagnetik yang menghasilkan energi kinetik. Energi kinetik ini mampu melepaskan elektron ke pita konduksi yang menimbulkan arus listrik [9].

Kondisi tersebut terjadi karena gerakan elektron yang terlepas dari struktur atomnya atau elektron bebas dengan muatan negatif yang mengisi kekosongan hole (muatan positif). Gerakan inilah yang menyebabkan munculnya arus listrik. Ada 3 jenis panel surya yang digolongkan menurut teknologinya yaitu monocrystalline, polycrystalline, dan thin film. Panel surya monocrystalline merupakan panel surya yang tersusun dari satu sel dan cenderung berwarna hitam. Panel surya polycrystalline merupakan panel surya yang

tersusun dari beberapa sel dan terlihat memiliki retakan pada sel surya. Sedangkan panel surya thin film merupakan panel surya dengan sel surya yang lebih tipis, sekitar 1/300 ukuran panel surya monocrystalline dan polycrystalline hingga 10nm. Pada Tugas Akhir ini menggunakan panel surya jenis monocrystalline yang dipasang secara paralel.



Gambar 2. Panel Surya Monokristal

3. Solar Charge Controller(SCC)

Merupakan teknologi untuk mengatur arus searah yang berasal dari panel surya yang di isi pada baterai dan diambilkan juga dari baterai untuk load (beban). Solar charge controller mengatur kelebihan pengisian (over charging) sebab baterai sudah terisi penuh dan mengatur kelebihan tegangan (over voltase) dari panel surya (solar cell). kelebihan tegangan dan pengisian akan mempercepat mengurangi umur baterai. Solar charge controller berguna sebagai pengatur mensupai baterai serta pelepasan arus dari baterai menuju beban dengan menerapkan teknologi pulse with modulation (PWM) [10]

4. ESP Node MCU 8266

NodeMCU merupakan sebuah open source platform IoT dan pengembangan kit yang menggunakan bahasa pemrograman Lua untuk membantu dalam membuat prototipe produk IoT atau bisa dengan memakai sketch dengan Arduino IDE. Pengembangan kit ini didasarkan pada modul ESP8266, yang mengintegrasikan GPIO, PWM (Pulse Width Modulation), IIC, 1-Wire dan ADC (Analog to Digital Converter) semua dalam satu board. GPIO NodeMCU ESP8266.



Gambar 3 ESP NodeMCU 8266

NodeMCU ESP 8266 NodeMCU berukuran panjang 4.83 cm, lebar 2.54 cm, dan berat 7 gram. Board ini sudah dilengkapi dengan fitur WiFi dan Firmware yang bersifat opensource [11].

5. Sensor Tegangan

Sensor tegangan adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur tegangan listrik dalam suatu sistem atau rangkaian. Sensor ini mengubah tegangan yang diukur menjadi sinyal listrik yang sesuai untuk diproses lebih lanjut, seperti untuk sistem monitoring, pengendalian, atau akuisisi data. [12]

6. Sensor Ina219

INA219 adalah sensor tegangan dan arus yang digunakan untuk mengukur arus, tegangan bus, dan tegangan daya dalam suatu sistem. Sensor ini merupakan chip monitor daya berkinerja tinggi yang dapat mengukur tegangan dan arus secara akurat dengan resolusi tinggi. INA219 menggunakan prinsip pengukuran tegangan shunt untuk menentukan arus yang mengalir melalui resistor shunt [13]

7. Baterai

Baterai merupakan alat untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk kimia dan pengeluaran atau discharge dalam bentuk energi kimia menjadi energi Listrik. Proses yang terjadi di dalam baterai dinamakan reaksi elektrokimia reversible (dapat berkebalikan) dengan efisiensi tinggi. Reaksi elektrokimia reversible yaitu proses pengubahan zat kimia menjadi energi listrik, begitu juga sebaliknya dari energi listrik menjadi energi kimia dengan cara melewatkan arus listrik yang ada di dalam sel dalam arah polaritas berlawanan atau bisa disebut dengan proses regenerasi elektroda [15]. Kapasitas baterai tidak akan digunakan seluruhnya dikarenakan terdapat istilah DoD (Depth of Discharger) yaitu baterai dapat dipakai sampai 80% dan menyisakan 20% yang disebut SoC (State of Charge) atau presentase sisa kapasitas baterai yang tersisa. Untuk menentukan total kapasitas baterai yang akan digunakan maka dapat dicari dengan persamaan berikut [14]

$$E_{Bat} = \frac{E}{V_s} \tag{4}$$

Dimana:

- E_{Bat} = Total kapasitas baterai yang diperlukan (Ah)
- E = Beban total dalam sehari (Wh)
- V_s = Tegangan dasar yang dipakai (V)

Sedangkan jumlah baterai yang akan diperlukan dapat dihitung dengan persamaan berikut [14] :

$$C_b = \frac{E_{Bat} \times d}{DoD} \tag{5}$$

Dimana:

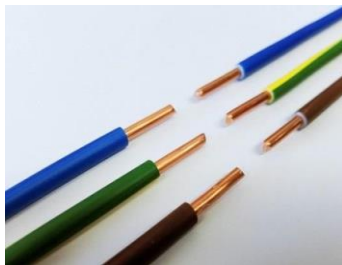
- C_b = Jumlah baterai yang digunakan (Ah)
- E_{bat} = Total kapasitas baterai yang diperlukan (Ah)
- d = Hari otonomi (Hari)
- DoD = Depth of Discharging (%)



Gambar 4 Baterai/Aki

8. Kabel Penghantar

Untuk menghubungkan bagian-bagian dalam PV yang lebih kecil dari kerangka yang diharapkan, diperlukan tautan. Kabel konduktor biasanya memiliki lapisan pelindung PVC atau tembaga ketika tujuan utamanya adalah untuk menghantarkan listrik. Semakin besar diameter kawat, semakin kecil nilai resistansinya. Saat memilih kabel konduktor, Anda harus memperhatikan spesifikasi kabel untuk mengurangi kemungkinan kerugian. Karena konduktor kabel di PV biasanya tidak melebihi tegangan pengenalan yang digunakan, tegangan pengenalan harus dipertimbangkan. Saat memilih kabel, luas penampang harus diperhatikan dengan mengacu



pada kuat hantar arus (KHA) [16].

Gambar 5 kabel penghantar

9. Kebutuhan Energi

Untuk perhitungan kebutuhan energi dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

Perhitungan PV Area

Temperatur maksimum untuk Dusun Kunangan Jaya 2 RT.28 pada bulan Oktober sebesar 30,5 0C. Ada peningkatan suhu panel surya sebesar 5,5 0C dari temperarur standar pada panel surya sebesar 250C. Kenaikan temperature udara 1 0C pada panel surya berakibat pada daya yang dihasilkan panel surya berkurang sebesar 0,5%. Selanjutnya dapat diperhitungkan besar daya yang berkurang sesuai persamaan berikut [17].

$$P_{\text{saat t naik}} = 0,5\% \times P_{\text{mpp}} \times \text{Kenaikan suhu} \quad (6)$$

$$P_{\text{mpp}}^{0\text{C}} = P_{\text{mpp}} - P_{\text{saat t naik}} \quad (7)$$

$$TCF = \frac{P_{\text{mpp}}^{t\text{C}}}{P_{\text{mpp}}} \quad (8)$$

$$PV \text{ Area} = \frac{E_L}{G_{sr} \times TCF \times \eta_{PV} \times \eta_{ef}} \quad (9)$$

P_{mpp} = Daya keluaran maksimal dari panel surya

$P_{0\text{C}}$ = Daya pada saat naik dari suhu standar

TCF = *Temperature Correction Faktor*

E_L = Energi yang dibangkitkan [kWh/hari]

PV Area = Luas permukaan panel surya [m^2]

G_{sr} = Intensitas matahari harian [kW/m^2 /hari]

η_{PV} = Efisiensi panel surya [%]

η_{ef} = Efisiensi keluaran [%]

Perhitungan Daya Yang Di Bangkitkan (Watt Peak)

Daya (wattpeak) yang dibangkitkan PLTS untuk memenuhi kebutuhan energi, diperhitungkan dengan persamaan sebagai berikut [17].

$$P_{wp} = PV \text{ Area} \times PSI \times \eta_{pv} \quad (10)$$

Dimana

P_{wp} = Daya yang dibangkitkan panel

PSI = peak solar insolation adalah 1.000 W/m^2

η_{pv} = efisiensi panel surya [%]

Perhitungan Energi Yang Dihasilkan PLTS

Hasil keluaran maksimum dari panel surya dapat ditentukan sesuai rating kapasitas dari panel surya yang dipasang, energi input panel surya yang terpasang dihitung dengan persamaan [18].

$$P_i = N \text{ panel} \times P_{\text{maks}} \quad (11)$$

Maka energi yang dihasilkan PLTS selama satu hari dapat dihitung dengan persamaan [18].

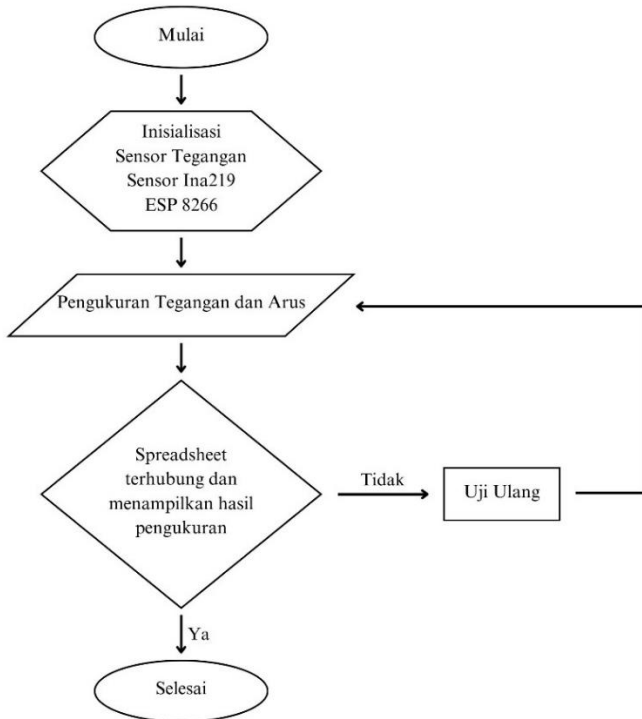
$$E_{out} = P_i \times \text{insolasi matahari} \quad (12)$$

II. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Dusun Jarak Ijo, Desa Ngadas Kecamatan Tumpang Kabupaten Malang, Jawa Timur pada tanggal 10 Juni 2024.

B. Flowchart Sistem

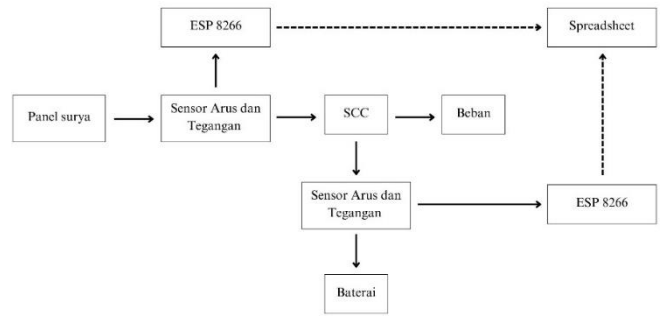


Gambar 6. Flowchart Sistem

Untuk penjelasan algoritma flowchart sistem pada gambar 6 adalah sebagai berikut:

1. Mulai sistem,
2. Menginisialisasi sensor tegangan, sensor Ina219 dan ESP8266.
3. Melakukan pengukuran terhadap tegangan dan arus dari panen energi PLTS dan konsumsi energi beban.
4. Apakah Spreadsheet terhubung dan menampilkan hasil pengukuran ?
5. Tidak, maka dilakukan pengukuran ulang, karena terkadang terjadi kesalahan waktu mengukur sehingga data tidak pengukuran tidak ditampilkan pada spreadsheet,
6. Ya, maka spreadsheet akan menampilkan hasil pengukuran secara *realtime*

C. Blok Diagram Alat



Gambar 7. Blok Diagram Alat

Pada penelitian ini menggunakan pembangkit yaitu pembangkit listrik tenaga surya, pembangkit ini digunakan untuk suplai energi beban selama 24 jam, yang pada siang hari akan mengisi baterai dan menyuplai beban secara langsung, dari hasil pengisian baterai siang hari akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi beban pada malam hari, sehingga dapat berfungsi selama 24 jam secara penuh.

Dari blok diagram 3.2 di atas dapat dilihat bahwa terdapat 2 ESP8266 yang masing-masing sudah terhubung dengan sensor arus dan tegangan. ESP (1) berfungsi untuk memprogram sensor arus dan tegangan yang kemudian mengirimkan data melalui WiFi ke spreadsheet sebagai hasil dari panen energi PLTS, selanjutnya ESP (2) juga sama seperti ESP (1) berfungsi untuk memprogram sensor arus dan tegangan yang selanjutnya juga mengirimkan data ke spreadsheet melalui WiFi sebagai hasil dari pengukuran daya yang masuk dan keluar dari baterai. Penggunaan ESP8266 ini bertujuan agar hasil panen energi dan kebutuhan dapat dimonitor selama 24 jam, sehingga akurasi perhitungannya juga tinggi.

D. Perhitungan Beban Daya, kebutuhan Panel Surya, Baterai, dan Panenan Energi Harian Berdasarkan Perhitungan Rumus

1. Menghitung Daya Beban Harian

Beban yang disuplai dari PLTS pada penelitian ini adalah 2 buah ESP8266 dengan jumlah daya input maksimal saat pengiriman data sebesar 1,122 Watt dan LoRa dengan besar daya input maksimal 0,396, maka besar daya beban yaitu 1,518 dengan pengoperasian selama 24 jam, maka besar daya harian yang harus terpenuhi yaitu 36,4 Wh.

2. Menghitung Kebutuhan Panel Surya

Setelah mengetahui jumlah daya beban harian, maka selanjutnya dihitung kebutuhan panel surya, karena alat pendeteksi lingkungan nantinya akan diletakkan dipegunungan

dengan cuaca yang selalu berubah dan sering berkabut, maka untuk beban harian dikali 2 sebagai estimasi 2 hari tanpa adanya penyinaran matahari, sehingga pengisian hari ini bisa digunakan untuk suplai daya 2 hari selanjutnya, jadi daya yang harus dihasilkan oleh PLTS yaitu $36,4 \text{ Wh} \times 2 = 72,8 \text{ Wh}$.

3. PV area dan daya yang dibangkitkan di Dusun Jarak Ijo, Desa Ngadas, Kec Tumpang Kab Malang

Dengan konsumsi daya harian sebesar 72,8 Wh serta berdasarkan data yang diperoleh dari Global Solar Atlas, nilai dari *Global Tilted Irradiation at Optimum Angle (GTI Opta)* di pondok beras adalah 4.514 kWh/m^2 dan besar suhu maksimal berdasarkan website NASA pada tanggal 10 Juni sebesar 29,6, maka selisih suhu dengan suhu normal 25 yaitu 4,6 dan untuk menghitung PV Area yaitu sebagaimana rumus (9) :

a. Perhitungan PV Area

b.

$$P_{\text{saat t naik}} = 0,5\% \text{ } ^\circ\text{C} \times 50 \text{ W} \times 4,6 \text{ } ^\circ\text{C} = 1,15 \text{ W}$$

$$P_{\text{mpp}} \text{ } ^\circ\text{C} = 50 \text{ W} - 1,15 \text{ W} = 48,85 \text{ W}$$

$$TCF = \frac{48,85}{50} = 0,977$$

$$PV \text{ Area} = \frac{50}{4.514 \text{ Kwh/m}^2 \times 0,97 \times 0,19 \times 0,95} = 0,0790 \text{ m}^2$$

c. Perhitungan Daya Yang Di Bangkitkan (Watt Peak)

Daya (wattpeak) yang dibangkitkan PLTS untuk memenuhi kebutuhan energi, diperhitungkan dengan persamaan sebagai berikut.

$$P_{wp} = 0,0790 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ W/m}^2 \times 0,19 = 15,01 \text{ W}$$

Jadi kebutuhan daya panel surya untuk penelitian ini untuk Lokasi di Jarak Ijo adalah 13,3 W dengan asumsi rugi daya sebesar 20%, maka kebutuhan panel surya adalah sebesar 18,01 W.

d. Perhitungan Jumlah Panel Surya

$$\text{Jumlah panel surya} = \frac{18,01 \text{ W}}{50 \text{ W}} = 0,3602$$

Berdasarkan perhitungan yang sudah dilakukan, maka kebutuhan jumlah panel surya dengan kapasitas 50 WP adalah 0,3602, sehingga dengan panel tersebut dibutuhkan panel surya berkapasitas 50 WP sebanyak 1 buah

4. Menghitung Kebutuhan Baterai

Untuk menghitung kebutuhan baterai yang akan digunakan pada penelitian ini dengan asumsi 2 hari tanpa adanya sinar matahari, maka baterai harus bisa menyuplai keperluan

konsumsi beban selama 2 hari atau bisa disebut dengan hari otonom, untuk perhitungan lengkapnya yaitu sesuai dengan rumus (4)

$$E_{\text{Bat}} = \frac{36,4}{12} = 3,03 \text{ Ah}$$

Sedangkan jumlah baterai yang akan diperlukan dapat dihitung dengan asumsi DoD sebesar 70%, maka dapat dihitung dengan persamaan berikut (5) :

$$C_b = \frac{3,03 \times 2}{70\%} = 8,65 \text{ Ah}$$

Jadi baterai yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah baterai dengan kapasitas 12V/8,65Ah, sedangkan yang sesuai dengan nada yang di pasar, peneliti menggunakan baterai dengan kapasitas 12V/12Ah.

5. Panenan Energi Harian Berdasarkan Perhitungan Rumus

Untuk mengetahui hasil PLTS dari penelitian kali ini maksimal atau tidak, diperlukan perhitungan daya yang harusnya dihasilkan, dari perhitungan ini nantinya akan bisa dilihat berapa persen hasil dari keluaran energi PLTS yang dibuat dibanding dengan perhitungan berdasarkan rumus, untuk menghitung daya yang seharusnya dihasilkan oleh PLTS berkapasitas 50 Wp yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan rumus (12).

Untuk Lokasi Jarak Ijo, Bromo GTI Optanya yaitu 4.514 kWh/m² berarti sama dengan 4,514 maksimal penyinaran matahari, untuk perhitungan lengkapnya yaitu menggunakan rumus (11) dan (12) sebagai berikut :

$$P_i = 1 \times 48,85 \text{ W} = 48,85 \text{ W}$$

$$E_{\text{out}} = 48,85 \text{ W} \times 4,514 \text{ h} = 220,5 \text{ Wh}$$

Jadi panenan energi harian jika alat bekerja maksimal dan cuaca juga maksimal, maka panenan energi hariannya yaitu sebesar 220,5 Wh

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian di Jarak Ijo

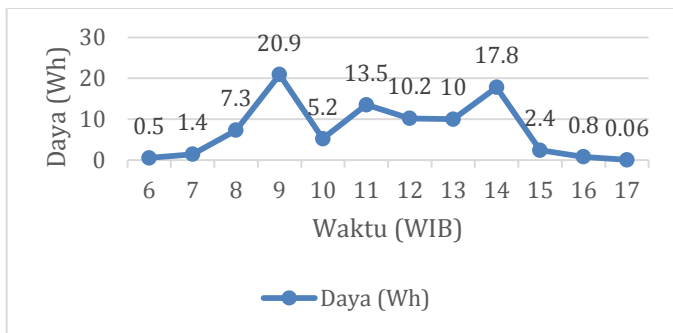
Pada pengukuran di Jarak Ijo menghasilkan 3 data yaitu data panenan energi harian, data pengisian baterai dan data konsumsi daya beban, untuk rincian data yang didapatkan dapat dilihat tabel dibawah ini

Tabel 1 Hasil Panenan Energi

No	Waktu (WIB)	Rata-Rata (mWh)	Kondisi Cuaca
1	06.00 – 06.59	583,636	Berkabut
2	07.00 – 07.59	1424,029	Berkabut

3	08.00 – 08.59	7358,433	Berkabut
4	09.00 – 09.59	20965,053	Cerah
5	10.00 – 10.59	5242,287	Berkabut
6	11.00 – 11.59	13518,997	Berkabut Tipis
7	12.00 – 12.59	10261,502	Berkabut Tipis
8	13.00 – 13.59	10012,768	Berkabut Tipis
9	14.00 – 14.59	17805,269	Cerah
10	15.00 – 15.59	2425,496	Berkabut
11	16.00 – 16.59	800,406	Berkabut
12	17.00 – 17.59	6,654	Berkabut
Hasil			90404,529 mWh
Rata-rata per jam			7533,711 mWh

Tabel 1 diatas menunjukkan hasil dari rata-rata perjam data panen energi dengan jumlah rata-rata 7533,711 mWh atau 7,5 Wh dan panen energi tertinggi terjadi pada jam 9 yaitu sebesar 20,9 Wh Pada panen energi dan charger baterai terjadi sedikit perbedaan dikarenakan pada SCC sudah terhubung dengan beban, sehingga besar daya charger baterai sama dengan panen energi dikurangi dengan besar konsumsi daya beban dan untuk lebih jelasnya melihat perbedaan hasil panen energi yang dihasilkan, dapat dilihat gambar grafik dibawah ini.



Gambar 8 Grafik Hasil Panenan Energi

Tabel 2 Hasil Pengisian Baterai

No	Waktu (WIB)	Rata-Rata (mWh)	Kondisi Cuaca
1	06.00 – 06.59	-747,700	Berkabut
2	07.00 – 07.59	63,888	Berkabut
3	08.00 – 08.59	5492,889	Berkabut
4	09.00 – 09.59	18554,945	Cerah
5	10.00 – 10.59	3478,712	Berkabut
6	11.00 – 11.59	11458,691	Berkabut Tipis
7	12.00 – 12.59	8319,793	Berkabut Tipis
8	13.00 – 13.59	8034,693	Berkabut Tipis
9	14.00 – 14.59	15584,713	Cerah
10	15.00 – 15.59	965,474	Berkabut
11	16.00 – 16.59	-76,792	Berkabut
Hasil			71129,305 mWh
Rata-rata per jam			6466,300 mWh

Berdasarkan data pada tabel 17 proses pengisian baterai terdapat rata-rata perjam 6466,300 mWh atau 6,46 Wh dengan jumlah pengisian harian sebesar 71Wh dan pengisian tertinggi terjadi pada jam 9 yaitu 18,5 Wh

Tabel 3 Hasil Konsumsi Daya

No	Waktu (WIB)	Rata-Rata (mWh)
1	17.00 – 17.59	-1292,512
2	18.00 – 18.59	-1822,138
3	19.00 – 19.59	-1395,842
4	20.00 – 20.59	-1603,700
5	21.00 – 21.59	-1614,330
6	22.00 – 22.59	-1607,729
7	23.00 – 23.59	-1624,391
8	00.00 – 00.59	-1638,024
9	01.00 – 01.59	-1750,655
10	02.00 – 02.59	-1787,162
11	03.00 – 03.59	-1716,040
12	04.00 – 04.59	-1783,593
13	05.00 – 05.99	-1679,915
Jumlah		-21316,029 mWh
Rata-rata per jam		-1639,695 mWh

Tabel 3 diatas menunjukkan bahwa konsumsi daya beban memiliki rata-rata per jamnya sebesar 1639 mWh atau 1,63 Wh dan pada konsumsi daya memiliki selisih yang sedikit antar jam, hal ini dikarenakan karena konsumsi daya relatif stabil dan tidak terjadi perbedaan yang signifikan.

B. Hasil Perbandingan Panenan Energi Harian antara Hasil Penelitian dan Hasil Perhitungan

Untuk mengetahui hasil penelitian ini berjalan secara maksimal atau tidak, dapat dilihat dari perbandingan hasil penelitian dibanding dengan hasil perhitungan sesuai rumus, untuk detailnya dapat dilihat sesuai tebal di bawah ini

Tabel 4 Hasil Perbandingan Panenan Energi Harian antara Hasil Perhitungan dan Hasil Penelitian

No	Lokasi	Hasil Penelitian	Hasil Perhitungan Rumus	Prosentasi
1	Jarak Ijo	90,4 Wh	220,5 Wh	41 %

Dari tabel 4 dapat dilihat bahwa pada penelitian kali ini yang berlokasi di Jarak Ijo, Bromo panen energi dari penelitian hanya 30,9% dari hasil panen energi berdasarkan rumus perhitungan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil dan pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :
 Penelitian kali ini dilakukan di tempat yang memiliki ketinggian sekitar 2000 mdpl dengan kondisi cuaca yang tidak

stabil sehingga sangat berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan, hal ini dikarenakan daya keluaran dari PLTS sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari.. Dari hasil desain juga dapat disimpulkan bahwa untuk pembuatan sumber energi listrik di daerah pegunungan dengan kondisi cuaca atau ketinggian yang sama dengan penelitian ini, memerlukan penambahan kapasitas panel surya sekitar 59% dari perhitungan awal, sehingga hasil energi dari PLTS dapat menyuplai konsumsi daya dengan baik dan cukup.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Rais, "Pemahaman Pendaki Gunung Terhadap Ilmu Pendakian Di Gunung Ungaran," Unnes, p. 14, 2019
- [2] N. W. Tono, A. Rahmadi, and M. Rasyid, "Antihypothermi Warmer Bagi Pasien Hypothermi Post Operasi Di Ruang Pemulihan," J. Skala Kesehatan, vol. 14, no. 1, pp. 50–56, 2023, doi: 10.31964/jsk.v14i1.383
- [3] Adistiananingsih and N. Isnaini, "Pengaruh Edukasi Penanganan Awal Hipotermia dengan Booklet Terhadap Tingkat Pengetahuan Pada Pendaki Gunung Prau," J. Keperawatan Muhammadiyah, vol. 1, no. 3, pp. 1–6, 2020.
- [4] Mappiwali, "Pendaki Tewas di Bawakaraeng Ternyata 3 Orang, 1 Korban Sempat Tak Dilaporkan," [newsdetik.com](https://news.detik.com/berita/d5687023/pendaki-tewas-di-bawakaraeng-ternyata-3-orang-1-korban-sempattak-dilaporkan), 2021.
- [5] Islam, Fahrul. "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Perahu Nelayan." Universitas Hasanuddin, 2020.
- [6] P. W. Gautama, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Sistem Off Grid dengan Kapasitas 2 Kwp Pada Instalasi Menara Suar Bulukumba," P. 105, 2021.
- [7] Muhamad Khumaidi Usman, "Analisis Intensitas Cahaya Terhadap Energi Listrik Yang Dihasilkan Panel Surya", Jurnal POLEKTRO: Jurnal Power Elektronik, No.2(2020)
- [8] Saodah, S., & Hariyanto, N. (2019). "Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hybrid Dengan Kapasitas 3 Kva. 4."
- [9] S. Sukmajati And M. Hafidz, 2015. "Perancangan Dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 Mw On Grid Di Yogyakarta," P. 15.
- [10] Ahmad Nurul Huda, dkk, "Perancangan Solar Charge Controler Menggunakan Control Proportional Integral Derivative (PID) Pada Prototype Traffic Light", Journal of Electrical Electronic Control and Automotive Engineering (JEECAE), No. 5 (2020)
- [11] Angger Dea Pangestu, Feby Ardianto, dan Bengawan Alfaresi, "Sistem Monitoring Beban Listrik Berbasis Arduino Nodemcu Esp8266", Jurnal Ampere, No.1(2019).
- [12] Lukma Prihasworo, dkk, "Rancang Bangun Smart DC Current and Voltage Monitoring Dengan Thingspeak Pada Simulator PLN Laboratorium Teknik Tenaga Listrik UGM", Jurnal Listrik, Instrumentasi dan Elektronika Terapan, No. 2 (2020)
- [13] Yusril Afandi dan Jamaluddin Jamaludiin, " Panel Pembangkit Listrik Tenaga Matahari dengan Instalasi Sistem Arus Searah Kendali Jarak Jauh Berbasis Android", Procedia of Engineering and Life Science, No. 2(2021)
- [14] Anggara, I., Kumara, I., & Giriantari, I. (2014). "Studi Terhadap Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya 1,9 Kw". E-Journal Spektrum Vol. 1, No. 1 Desember 2014.
- [15] R. M. Hamid And M. Amin, "Rancang Bangun Charger Baterai untuk Kebutuhanan," Vol. 4, No. 2, P. 7.
- [16] I. B. Naksabandi, "Perencanaan PLTS Untuk Pos Pengamatan Gunung Rinjani," Tugas Akhir, 2018
- [17] Kossi, Vember Restu, "Perencanaan PLTS Terpusat (off-grid) di Dusun Tikalong Kabupaten Mempawah,". Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura 2018.

