

Rooftop Solar Power Plants for Garden House Electrical Energy Sources

Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap untuk Sumber Energi Listrik Rumah Kebun

Indriani K. Mangelep, Meita Rumbayan, Glanny M. Ch. Mangindaan

Dept. of Electrical Engineering, Sam Ratulangi University Manado, Kampus Bahu St., 95115, Indonesia

e-mails : indrianimangelep@gmail.com, meitarumbayan@unsrat.ac.id, glanny_m@unsrat.ac.id

Received: 20 July 2023; Revised: 08 October 2023; Accepted: 23 December 2023

Abstract — Electricity has become a basic need for society, the need for electricity is not only for needs in homes, offices or other large buildings, but electricity is also needed in small places, one of which is in a garden house. The plantations that are close to the PLN electricity pole have received electricity supply, but there are still many garden houses that have not yet received electricity from the PLN because the distance between the electricity pole and the garden house is very far. This research has a goal to create a system, namely rooftop solar power as a source of electrical energy for garden houses. From this study, several results and conclusions were obtained, namely that the implementation of rooftop PLTS for garden houses had been carried out properly, and measurements had been carried out several times and for the measurement results the largest electrical energy was 340.8 Wh.

Keywords — Electrical Energy; Garden House; Roof PLTS; Watt Meters

Abstrak — Listrik sudah menjadi kebutuhan pokok masyarakat, kebutuhan akan listrik tidak hanya untuk kebutuhan yang ada di rumah, perkantoran, atau bangunan besar lainnya, melainkan listrik juga dibutuhkan di tempat-tempat kecil, salah satunya di rumah kebun. Kebun yang jaraknya dekat dengan tiang listrik PLN sudah mendapat pasokan listrik, namun masih banyak rumah kebun belum mendapat pasokan listrik dari PLN karena jarak tiang listrik dengan rumah kebun sangat jauh. Penelitian ini memiliki tujuan untuk membuat suatu sistem yaitu PLTS atap sebagai sumber energi listrik rumah kebun. Dari penelitian ini didapat beberapa hasil dan kesimpulan yaitu bahwa implementasi PLTS atap untuk rumah kebun telah dilaksanakan dengan baik, dan telah dilakukan beberapa kali pengukuran dan untuk hasil pengukuran energi listrik terbesar yaitu 340,8 Wh.

Kata kunci — Energi Listrik; PLTS Atap; Rumah Kebun; Watt Meter

I. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan sebuah pembangkit listrik yang menggunakan cahaya matahari melalui sel surya untuk mengubah radiasi sinar foton matahari menjadi energi listrik. PLTS menggunakan cahaya atau sinar matahari untuk menghasilkan listrik DC, yang bisa diubah ke listrik AC apabila dibutuhkan. Sebab itu walaupun cuaca sedang mendung, selama masih terdapat cahaya atau sinar matahari, maka PLTS tetap bisa menghasilkan listrik. Pada dasarnya PLTS merupakan pencatu daya dan bisa juga

dirancang untuk mencatu kebutuhan listrik dari yang kecil sampai kebutuhan listrik yang besar [1].

PLTS atap bisa diimplementasikan masyarakat umum dengan menggunakan atap rumah untuk menghasilkan energi listrik yang mandiri. PLTS atap mempunyai kelebihan tersendiri jika dibandingkan dengan PLTS skala besar, diantaranya lebih mudah dan murah untuk diintegrasikan dengan sistem kelistrikan yang sudah ada, bisa memanfaatkan lahan yang sudah ada atau mengurangi biaya investasi lahan, serta bisa mengurangi beban jaringan sistem yang ada [2].

Rurukan merupakan salah satu kelurahan yang ada di kota Tomohon. Mata pencaharian utama masyarakat Rurukan yaitu berkebun. Para petani sering bekerja hingga larut malam sehingga harus tinggal di rumah kebun, namun hampir semua rumah kebun belum mendapatkan akses jaringan listrik dari PLN karena jarak tiang listrik dengan rumah kebun masih sangat jauh. Dengan demikian, implementasi PLTS atap merupakan solusi untuk sumber energi listrik di rumah kebun.

A. PLTS

PLTS adalah salah satu pembangkit listrik yang sangat sederhana dan mudah dipasang atau diimplementasikan di rumah, sehingga PLTS merupakan salah satu sarana untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat yang sangat ramah lingkungan karena menggunakan sinar matahari [3]. Rangkaian dari sel-sel yang disusun seri dan parallel tersebut dinamakan modul. Biasanya setiap modul terdiri dari 10-36 unit sel. Apabila tegangan, arus dan daya dari suatu modul tidak mencukupi untuk beban yang digunakan, maka modul-modul tersebut dapat dirangkai seri, parallel ataupun kombinasi keduanya untuk menghasilkan besar tegangan dan daya sesuai kebutuhan [4].

Pada siang hari modul surya menerima cahaya matahari yang kemudian diubah menjadi listrik melalui proses fotovoltaiik. Listrik yang dihasilkan oleh modul dapat langsung disalurkan ke beban ataupun disimpan didalam baterai sebelum digunakan ke beban. Pada malam hari, dimana modul surya tidak menghasilkan listrik, beban sepenuhnya dicatu oleh baterai [3].

B. PLTS Atap

Sesuai ketentuan dalam Peraturan Menteri ESDM No.49 tahun 2018, jo. Permen No.13 tahun 2019, jo. Permen No.16 tahun 2019, PLTS atap adalah proses pembangkitan tenaga listrik yang menggunakan modul fotovoltaiik, yang diletakkan di atap, dinding, atau bagian lain dari bangunan milik

pelanggan PLN [5].

C. Panel Surya

Panel surya merupakan komponen PLTS yang tersusun dari beberapa sel surya yang dirangkai sedemikian rupa, baik dirangkai seri maupun paralel dengan maksud dapat menghasilkan daya listrik tertentu dan disusun pada satu bingkai dan dilaminasi atau diberikan lapisan pelindung [1]. Ada dua jenis panel surya yang banyak digunakan yaitu: *mono-crystalline* dan *poly-crystalline*.

D. Inverter

Inverter berfungsi untuk mengubah energi listrik searah (DC) dari modul surya atau baterai menjadi bolak-balik (AC) untuk suplai ke beban listrik. Inverter diperlukan karena arus yang keluar dari panel surya adalah arus DC, penggunaan inverter ditujukan untuk mensuplai beban yang memerlukan arus AC untuk dapat digunakan [6].

E. Solar Charge Controller

Solar Charge Controller (SCC) adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur aliran arus pengisian yang masuk ke baterai (*charging*) dan juga aliran keluaran baterai ke beban (*discharging*). Selain itu SCC juga berfungsi untuk mencegah baterai dari *overcharge* dan *over discharge* serta kelebihan tegangan dari modul surya [3].

F. Baterai

Baterai merupakan salah satu komponen yang digunakan pada sistem PLTS yang dilengkapi dengan penyimpanan cadangan energi listrik. Baterai memiliki fungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dalam bentuk energi arus searah. Energi yang disimpan pada baterai berfungsi sebagai cadangan (*back up*), yang biasanya dipergunakan saat panel surya tidak menghasilkan energi listrik, contohnya pada saat malam hari atau pada saat cuaca mendung [1].

A. Rumah Kebun

Rumah kebun atau juga bisa disebut gubuk kebun, bahkan



Gambar 1. Rumah kebun di Rurukan

orang Manado sering menyebutnya “sabua”. Definisi atau arti kata gubuk berdasarkan Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) adalah rumah kecil atau biasanya yang kurang baik dan bersifat sementara. Dari definisi di atas maka didapat pengertian dari gubuk yaitu nama dari suatu bangunan yang cukup sederhana yang bersifat tidak permanen (sementara) yang biasanya digunakan oleh para petani sebagai tempat untuk beristirahat [7].

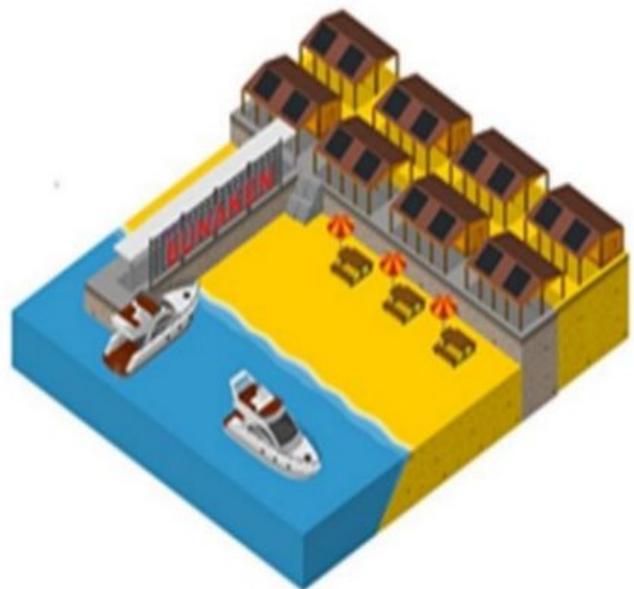
Rumah kebun ini dibuat menggunakan bahan-bahan alam mulai dari jerami, kayu, tanah liat, bambu, dan sebagainya [8]. Jenis rumah kebun yang ada di Rurukan yaitu rumah kebun dengan dinding yang terbuat dari kayu atau bambu, dan atap dari seng. Rumah kebun dibuat sesuai dengan jenis ini yaitu hampir menyerupai rumah sederhana, dikarenakan para petani sering bekerja sampai malam hari, dan ada juga yang sampai menginap di rumah kebun.

B. Penelitian Terkait

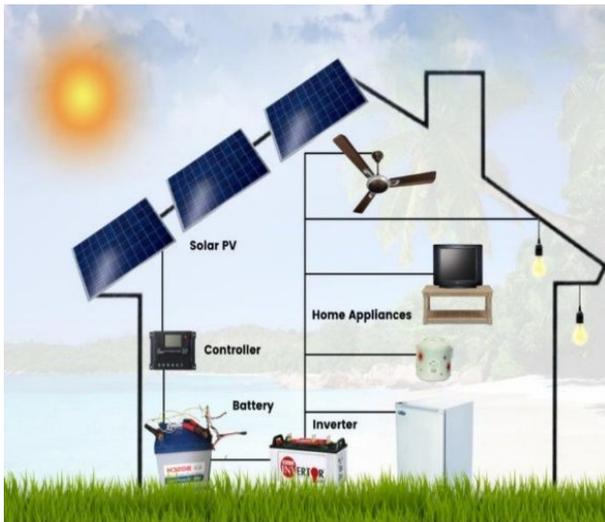
Ramadhan dan Rangkuti pada tahun 2016 membuat perencanaan PLTS di atap gedung Harry Hartanto Universitas Trisakti. Perancangan ini dibuat dengan memakai 312 modul

surya dengan kapasitas 300 Wp, dan inverter 20 kW sebanyak 5 buah. Dengan data dari hasil perhitungan ROI tersebut yaitu *Pay Back Period* selama 8 tahun 5 bulan, dibandingkan dengan estimasi rata-rata umur pemakaian modul surya yang mencapai 25 tahun, maka dapat disimpulkan bahwa pembuatan PLTS dengan menggunakan rancangan ini akan menghasilkan *income* yang baik untuk masa yang akan datang [2].

Rumbayan, dkk tahun 2021 dalam *Model of solar energy utilization in Bunaken Island Communities* melakukan perencanaan model untuk penerapan PLTS skala rumah tangga yang digunakan di atap pelaku usaha warung makan di pulau Bunaken sebagai destinasi wisata internasional. Skema biaya sistem PLTS atap skala rumah tangga dihitung dengan 3 alternatif harga yang terjangkau oleh masyarakat (Lihat gambar 2) [9].



Gambar 2. Model PLTS atap skala rumah tangga di pulau Bunaken
Sumber : [9]



Gambar 3. Desain solar home system untuk pondok wisata skala kecil
 Sumber : [10]

Model desain solar home system tipe rooftop mandiri untuk pondok wisata skala kecil di pulau Bunaken sudah dikaji oleh Rumbayan, dkk tahun 2021 menggunakan *Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources (HOMER)* (Lihat gambar 3) [10].

Sebagai tinjauan literatur dalam konteks penerapan tenaga surya di berbagai lokasi di Indonesia. Rumbayan dkk (2023) telah mencatat perancangan dan instalasi sistem pompa air tenaga surya di Pulau Bunaken, Indonesia [11]. Rumbayan, Kindangen, dan Thayeb (2022) menyajikan penelitian terkait instalasi pompa air tenaga surya untuk Masjid Al-Muhajirin di Desa Lalumpe Minahasa [12]. Selanjutnya, Rumbayan, Sompie, dan Nakanishi (2019) menampilkan studi awal mengenai pemberdayaan masyarakat di Pulau Talaud melalui energi terbarukan [13]. Penjabaran pemahaman dari ketiga sumber referensi ini memberikan dasar yang kuat untuk pengembangan isi artikel terkait penerapan teknologi energi surya di berbagai komunitas di Indonesia.

II. METODE

Penelitian ini dimulai dengan tinjauan literatur sistem sel surya. Yaitu terdiri dari langkah-langkah berikut: Pengkajian data radiasi matahari untuk lokasi, yang membantu untuk memperkirakan jumlah listrik yang dihasilkan; Pengkajian area yang tersedia, yang membantu untuk mengetahui berapa luas area yang bisa dimanfaatkan untuk PLTS, dan mengecek kelayakan atap apakah masih kuat untuk penempatan panel surya; Pengkajian konfigurasi sistem PLTS, pemilihan konfigurasi yang cocok untuk lokasi penelitian; Mendapatkan informasi dan pemilihan panel surya, inverter, SCC, dan baterai dari berbagai sumber. Informasi ini mencakup spesifikasi teknis secara lengkap dari masing-masing peralatan.

Panel surya akan diletakkan di atas atap dengan sistem *Flat Plate Arrays*, panel surya dipasang fix pada sudut dan arah tertentu untuk menangkap radiasi cahaya matahari dari atap rumah kebun. Hal tersebut bertujuan untuk memanfaatkan atap rumah kebun dengan sudut kemiringan atap, selain itu tipe *Flat Plate Arrays* ini lebih murah dibandingkan sistem *Tracking Plate Arrays*.

TABEL I
 TOTAL ENERGI LISTRIK YANG DIBUTUHKAN RUMAH KEBUN

Nama Alat	Waktu Menyala (Jam)	Jumlah (unit)	Daya Listrik (Watt)	Energi Listrik (Wh)
Lampu	10	2	5	100
Handphone	2	1	10	20
Radio	1	1	100	100
			Total	220

TABEL II
 DATA DARI APLIKASI PVSYS

Bulan	Global horizontal irradiation (kWh/m ² /day)
Januari	5.93
Februari	5.43
Maret	5.81
April	5.76
Mei	6.04
Juni	5.53
Juli	5.91
Agustus	6.59
September	6.56
Oktober	6.38
November	6.29
Desember	5.63
Rata-rata	5.99

Data Penelitian

Data penelitian kali ini menggunakan dua data yaitu data pertama adalah data primer dan data yang kedua adalah data sekunder. Dimana data primer berupa total energi listrik yang dibutuhkan rumah kebun Rurukan, sedangkan untuk data yang kedua yaitu data sekunder seperti data iradiasi matahari yang didapatkan dari aplikasi PVsyst.

Untuk mengetahui berapa total energi listrik yang dibutuhkan rumah kebun maka harus ditentukan terlebih dahulu beban yang akan dipakai, lama penggunaan beban, berapa jumlah beban yang dipakai, daya listrik dari beban, dan energi listrik dari beban. Setelah menentukan data-data yang disebutkan di atas, maka dapat dihitung total energi listrik untuk rumah kebun mengacu pada (1). Rumus untuk total energi listrik yang dibutuhkan, yaitu sebagai berikut:

$$\text{Total Energi Listrik (Wh)} = \text{Jumlah unit} \times W \times h \quad (1)$$

Keterangan:

$$W = \text{Daya (Watt)}$$

$$H = \text{Jam (h)}$$

Para petani memerlukan listrik baik di siang hari maupun malam hari. Kebutuhan listrik untuk rumah kebun yaitu untuk mengisi daya baterai telepon seluler, radio, dan untuk penerangan lampu di malam hari. Rumah kebun yang ada di Rurukan ini tidak memakai pompa air dikarenakan air yang digunakan di rumah kebun ini diambil langsung dari mata air yang turun dari pegunungan. Total energi listrik untuk rumah kebun telah dihitung mengacu pada (1) maka didapat total energi listrik yang dibutuhkan rumah kebun adalah 220 Wh (lihat tabel 1).

Untuk menentukan intensitas radiasi matahari di kelurahan Rurukan, diambil data melalui aplikasi PVsyst. Data intensitas radiasi matahari yang didapat yaitu rata-rata 1 tahun sebesar 5,99 (kWh/m²/day) (lihat tabel II).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

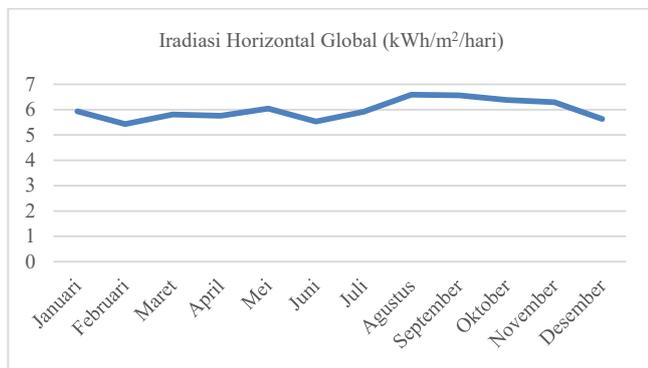
A. Radiasi Sinar Matahari

Data radiasi sinar matahari menurut meteorologi yang diambil pada software PVsyst memiliki rata-rata sebesar 5,99 kWh/m²/hari (lihat gambar 4). Berdasarkan data yang diambil pada web Global Solar Atlas, kelurahan Rurukan, Tomohon memiliki output daya fotovoltaik sebesar 3,810 kWh/kWp/hari dan iradiasi horizontal global sebesar 4,687 kWh/m²/hari (lihat gambar 5).

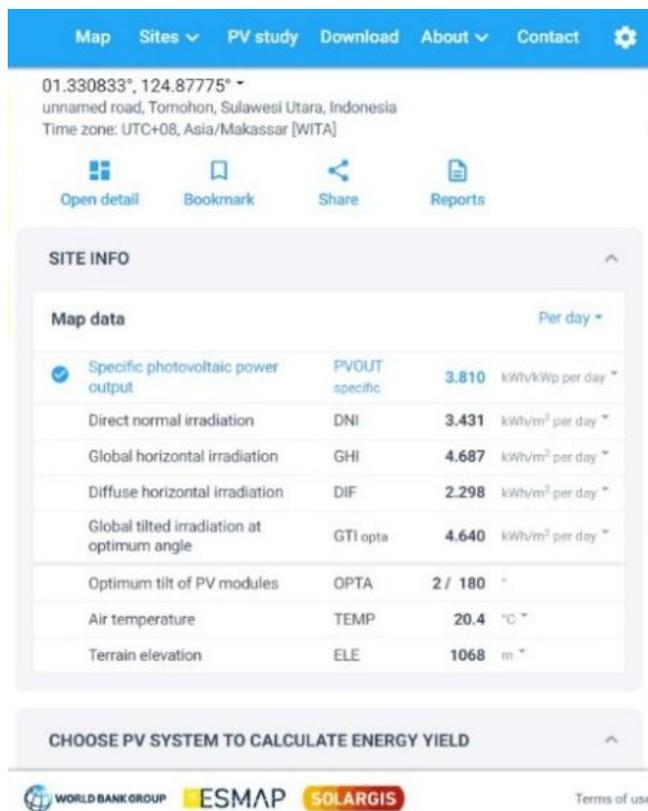
B. Jumlah Komponen yang Dibutuhkan

Menentukan Jumlah Panel Surya yang Dibutuhkan

Proses fotovoltaik atau waktu optimal penyinaran matahari di Sulawesi Utara berlangsung selama 4,8 jam. Dalam



Gambar 4. Grafik iradiasi horizontal



Gambar 5. Data dari web Global Solar Atlas

implementasi atau pemasangan PLTS atap ini, panel surya yang digunakan yaitu panel surya 50 Wp. Untuk menentukan jumlah panel surya yang akan digunakan dapat menggunakan (2) :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah PV} &= \frac{\text{Total Energi Listrik}}{\text{Waktu Optimal Penyinaran} \times \text{Wp PV}} \quad (2) \\ &= \frac{220}{4,8 \times 50} \\ &= 0,9166 \text{ dibulatkan menjadi } 1 \end{aligned}$$

Menentukan Jumlah Baterai yang Dibutuhkan

Spesifikasi baterai yang tersedia yaitu 12 V 12 Ah, kapasitas baterai yang akan digunakan dipengaruhi oleh total energi listrik, tegangan baterai, dan DoD baterai.

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas baterai} &= \frac{\text{Total Energi Listrik}}{\text{Tegangan Baterai}} \times \frac{1}{\text{DoD}} \quad (3) \\ &= \frac{220}{12} \times \frac{1}{0,8} \\ &= 22,916 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Dari perhitungan didapat kapasitas baterai yaitu 22,916 Ah dan baterai yang tersedia memiliki kapasitas 12 Ah, sehingga yang dibutuhkan yaitu 2 unit baterai 12 V 12 Ah yang dihubungkan secara paralel sehingga baterai menjadi 12 V 24 Ah.

Menentukan Jumlah SCC yang Dibutuhkan

Untuk menentukan berapa unit SCC yang dibutuhkan maka dicari terlebih dahulu arus SCC menggunakan (4) yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Arus SCC} &= \frac{\text{Wp Panel Surya}}{\text{Tegangan Baterai}} \quad (4) \\ &= \frac{50}{12} \\ &= 4,166 \text{ A} \end{aligned}$$

SCC yang tersedia yaitu Solar Charge Controller 30A 12V/24V sebanyak 1 unit sudah bisa memenuhi untuk digunakan pada PLTS atap rumah kebun.

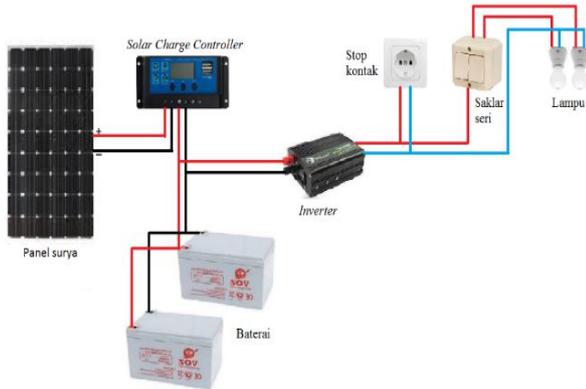
Komponen-komponen yang dibutuhkan dalam pemasangan PLTS atap rumah kebun dapat dilihat pada tabel 3. Untuk skema instalasi PLTS atap rumah kebun dapat dilihat pada gambar 6.

C. Implementasi PLTS Atap di Rumah Kebun

Penerapan alat dan instalasi dilakukan secara langsung di rumah kebun yang terletak di Temboan, Rurukan (lihat gambar 7). Untuk penempatan panel surya yaitu di atap rumah kebun yang memiliki pencahayaan matahari yang bagus dan tidak terhalangi pepohonan. Panel surya diletakkan di atas atap dengan sistem Flat Plate Arrays, yaitu panel surya dipasang fix pada sudut dan arah tertentu untuk menangkap radiasi cahaya matahari dari atap rumah kebun. Hal tersebut bertujuan untuk memanfaatkan atap rumah kebun dengan sudut kemiringan atap. Untuk penempatan panel surya yang diletakkan di atap

TABEL III
KOMPONEN-KOMPONEN PEMASANGAN PLTS

No.	Nama Komponen	Jumlah Unit
1.	Panel surya 50 Wp	1
2.	Baterai 12 V 12 Ah	2
3.	Inverter 500 W	1
4.	Solar Charge Controller 30A 12V/24V	1
5.	Lampu 5 W	2
6.	Kabel NYM 2x1,5 mm	15 meter
7.	Saklar seri	1
8.	Stop kontak	1
9.	MCB 2 A	1
10.	Watt meter	1



Gambar 6. Skema instalasi PLTS atap



Gambar 7. Pemasangan alat dan instalasi



Gambar 8. Penempatan panel surya di atap

rumah kebun dapat dilihat pada gambar 8. Untuk penempatan komponen-komponen PLTS lainnya yang diletakkan di dalam kotak panel dapat dilihat pada gambar 9.

Implementasi PLTS atap di rumah kebun Rurukan telah terselesaikan dengan baik. Rumah kebun sebelum mendapatkan pasokan listrik dapat dilihat pada gambar 10. Untuk rumah kebun sesudah mendapatkan pasokan listrik dari implementasi PLTS atap dapat dilihat pada gambar 11.

D. Hasil Pengukuran

Pada SCC sudah diatur ketika tegangan baterai tersisa hanya 10,7 V maka sudah tidak ada listrik yang mengalir ke instalasi listrik rumah kebun, sehingga lampu akan padam. Maka baterai tidak akan cepat rusak karena baterai akan bertahan lama jika penggunaannya hanya 50% saja. Pengisian baterai ketika matahari mulai terbit, saat baterai sudah penuh atau tegangan baterai yang diatur pada SCC sudah mencapai 14,4 V maka pengisian pada baterai otomatis berhenti. Setelah baterai sudah penuh atau pada siang hari, para petani dapat memanfaatkan listrik yang dihasilkan PLTS. Para petani dapat mengisi daya *handphone*, memasang radio, ataupun peralatan lainnya yang membutuhkan listrik. Rumah kebun yang peneliti jadikan tempat untuk implementasi PLTS atap ini terletak di pegunungan, sehingga tidak menggunakan pompa air untuk kebutuhan di rumah kebun, karena sudah mendapat air langsung



Gambar 9. Penempatan komponen PLTS lainnya

dari mata air yang ada di pegunungan. Untuk pengisian baterai, waktu optimalnya 5 jam dimulai dari jam 10.00-15.00 WITA. Untuk pengisian baterai, peneliti mengambil data pada tanggal 15 Mei 2023 menggunakan Watt Meter, dengan rentang suhu 19 hingga 25 °C. Data yang diambil dari Watt meter pada saat jam 09.00 WITA dapat dilihat pada gambar 12, begitu juga data yang diambil pada jam 16.00 WITA dapat

dilihat pada gambar 13. Data untuk pengisian baterai menggunakan Watt meter dapat dilihat pada tabel 3 dan gambar 14.

Kondisi atau cuaca pada hari saat pengambilan data berubah-ubah, ada kalanya cerah, ada juga tertutup awan, dan ada juga turun hujan walau tidak lama. Data yang diperoleh menggunakan Watt Meter hasilnya hampir sama dengan perhitungan teori menggunakan rumus yang ada. Pada Watt Meter saat pukul 12.00 WITA, daya yaitu 25 Watt dan energi listrik yaitu 56,6 Wh, untuk perhitungan teori menggunakan (5) dan (6) yaitu :



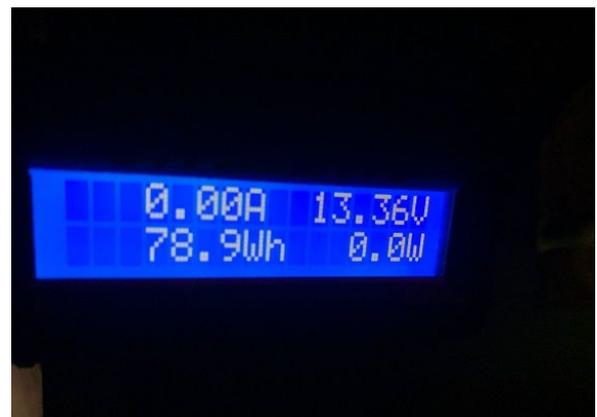
Gambar 10. Rumah kebun sebelum implementasi PLTS



Gambar 12. Data Watt Meter jam 09.00 WITA



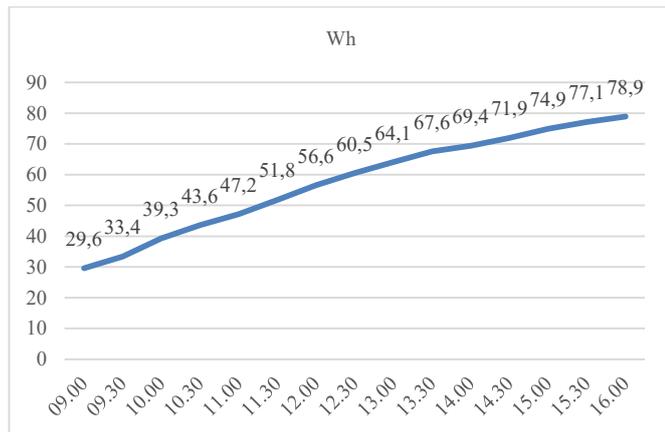
Gambar 11. Rumah kebun sesudah implementasi PLTS



Gambar 13. Data Watt Meter jam 16.00 WITA

TABEL IV
DATA PENGISIAN BATERAI

Jam (WITA)	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)	Arus per jam (Ah)	Energi listrik (Wh)
09.00	0,98	13,18	12,9	2,234	29,6
09.30	1,3	13,8	17,89	2,41	33,4
10.00	1,245	14,01	17,47	2,78	39,3
10.30	0,94	13,75	12,92	3,188	43,6
11.00	1,53	14,04	21,45	3,29	47,2
11.30	1,58	14,02	21,9	3,71	51,8
12.00	1,78	14,05	25	4,184	56,6
12.30	0,89	13,98	12,5	4,465	60,5
13.00	2,39	14,23	33,7	4,75	64,1
13.30	0,11	13,27	1,5	4,96	67,6
14.00	2,29	13,75	32,9	5,092	69,4
14.30	1,7	19,7	23,3	5,27	71,9
15.00	0,45	13,64	6,6	5,48	74,9
15.30	0,6	13,8	8,3	5,64	77,1
16.00	0	13,36	0	5,77	78,9



Gambar 14. Grafik energi listrik

$$P = V \times I \quad (5)$$

$$= 14,05 \times 1,78$$

$$= 25,009 \text{ W}$$

$$W = V \times I \times t \quad (6)$$

$$= 14,05 \times 4,184$$

$$= 58,78 \text{ Wh}$$

Selanjutnya, peneliti melakukan pengukuran menggunakan Watt Meter untuk energi listrik yang dihasilkan panel surya pada beberapa hari dalam satu minggu yaitu pada tanggal 28 Mei 2023, 2 dan 3 Juni 2023. Hasil pengukuran terbesar untuk energi listrik yaitu pada tanggal 28 Mei 2023 sebesar 340,8 Wh.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap di rumah kebun Rurukan telah dilaksanakan dengan baik. Telah diuji coba dan rumah kebun sudah bisa mendapatkan listrik. Penggunaan listrik pada siang hari yaitu untuk mengisi daya telepon seluler, memasang radio, dan sebagainya. Untuk penggunaan malam hari yaitu sebagai penerangan rumah kebun. Untuk pengisian baterai, waktu optimalnya 5 jam dimulai dari jam 10.00-15.00 WITA. Pengukuran melalui Watt Meter pada tanggal 15 Mei 2023 yaitu energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya adalah 78,9 Wh. Kondisi atau cuaca pada hari saat pengambilan data berubah-ubah, ada kalanya cerah, ada juga tertutup awan, dan ada juga turun hujan walau tidak lama. Data yang diperoleh menggunakan Watt Meter hasilnya hampir sama dengan perhitungan teori menggunakan rumus yang ada. Pengukuran juga dilakukan beberapa kali dan untuk hasil pengukuran energi listrik terbesar yaitu didapat pada tanggal 28 Mei 2023 sebesar 340,8 Wh.

B. Saran

Untuk lebih mengoptimalkan sistem PLTS yang sudah ada, maka sebaiknya ditambah untuk panel surya dan juga baterai, sehingga energi listrik yang tersimpan lebih banyak dan baterai lebih tahan lama. Lebih memperhatikan *display* SCC untuk baterai, diharapkan jangan sampai baterai kosong.

REFERENSI

- [1] I. B. K. Sugirianta, I. G. N. A. D. Saputra, and I. G. A. M. Sunaya, 'Draft Buku Ajar Pembangkit Listrik Tenaga Surya', 2019, Accessed: Jul. 05, 2023. [Online]. Available: https://www.academia.edu/40670232/DRAFT_BUKU_AJAR_PEMBA_NGKIT_LISTRIK_TENAGA_SURYA
- [2] S. G. Ramadhan and C. Rangkuti, 'Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Atap Gedung Harry Hartono Universitas Trisakti', in *Seminar Nasional Cendekiawan 2016*, Trisakti University, 2016. Accessed: Jul. 05, 2023. [Online]. Available: <https://www.neliti.com/publications/173051/>
- [3] A. Syaeful Anwar, 'Analisis Kelayakan Pembangkit Energi Listrik Tenaga Surya Rooftop di Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi', sarjana, Universitas Siliwangi, 2021. Accessed: Jul. 05, 2023. [Online]. Available: <http://repositori.unsil.ac.id/2391/>
- [4] R. J. Lumempouw, M. Rumbayan, and H. Tumaliang, 'Studi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Makalehi Di PLN Area Tahuna Rayon Siau Kabupaten Kepulauan Sitaru', *J. Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 4, no. 7, Art. no. 7, Dec. 2015.
- [5] A. Rachmi, B. Prakoso, H. Berchmans, I. Agustina, I. D. Sara, and Winne, 'Panduan Perencanaan dan Pemanfaatan PLTS Atap di Indonesia', Online Drive ESDM. Accessed: Jul. 05, 2023. [Online]. Available: <https://drive.esdm.go.id/wl/?id=XOegh8pXO9FMjeb14x0JoDD6hIze94Fm>
- [6] I. O. Silaban, I. N. S. Kumara, and I. N. Setiawan, 'Perancangan PLTS Atap pada Gedung Kantor Bupati Tapanuli Utara dengan Arsitektur Rumah Adat Batak Toba', *J. SPEKTRUM*, vol. 8, no. 2, pp. 270-280, Jul. 2021, doi: 10.24843/SPEKTRUM.2021.v08.i02.p31.
- [7] I. Lidiawati, 'Gubuk/Pondok'. Accessed: Jul. 05, 2023. [Online]. Available: <https://juragancipir.com/gubukpondok-adalah/>
- [8] I. Budhiman, '6 Potret Rumah Gubuk Sederhana yang Terbuat dari Bambu hingga Jerami'. Accessed: Jul. 05, 2023. [Online]. Available: <https://m.caping.co.id/news/detail/11973002>
- [9] M. Rumbayan, S. R. U. Sompie, D. G. S. Ruindungan, and N. V. Panjaitan, 'Model of solar energy utilization in Bunaken Island Communities', *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 739, no. 1, p. 012082, Apr. 2021, doi: 10.1088/1755-1315/739/1/012082.
- [10] M. Rumbayan, S. R. U. Sompie, D. G. S. Ruindungan, and N. V. Panjaitan, 'Design of a Photovoltaics Stand-Alone System for a Residential Load in Bunaken Island Using HOMER', *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 927, no. 1, p. 012039, Dec. 2021, doi: 10.1088/1755-1315/927/1/012039.
- [11] M. Rumbayan, D. Mamahit, F. Kambey, B. Maluegha, G. Mangindaan, and H. Jody, 'Design and Installation of a Solar Water Pumping System in Bunaken Island of Indonesia', presented at the THE 2ND INTERNATIONAL CONFERENCE ON NATURAL SCIENCES, MATHEMATICS, APPLICATIONS, RESEARCH, AND TECHNOLOGY (ICON-SMART 2021): Materials Science and Bioinformatics for Medical, Food, and Marine Industries, Manado, Indonesia, 2023, p. 060009. doi: 10.1063/5.0118276.
- [12] M. Rumbayan, J. Kindangen, and P. S. Thayeb, 'Instalasi Sistem Pompa Air Tenaga Surya untuk Masjid Al-Muhajirin di Desa Lalumpe Minahasa', *MONSUANI TANO J. Pengabd. Masy.*, vol. 5, no. 2, Art. no. 2, Jun. 2022, doi: 10.32529/tano.v5i2.1702.
- [13] M. Rumbayan, S. Sompie, and Y. Nakanishi, 'Empowering Remote Island Communities with Renewable Energy: A Preliminary Study of Talaud Island'. Accessed: Jan. 29, 2024. [Online]. Available: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/257/1/012024/meta>



Penulis bernama lengkap Indriani Kristanti Mangelep, lahir di Tomohon pada tanggal 31 Juli 2000. Penulis memulai pendidikan di SD GMIM Rurukan pada tahun 2006 - 2012, kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Kristen Rurukan pada tahun 2012 - 2015, lalu melanjutkan pendidikan di SMK Kristen 1 Tomohon pada tahun

2015 - 2018. Tahun 2019 penulis melanjutkan pendidikan S1 di Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik

Elektro, Universitas Sam Ratulangi, Sulawesi Utara. Selama perkuliahan penulis tergabung sebagai anggota organisasi kemahasiswaan Himpunan Mahasiswa Elektro (HME). Penulis pernah mengikuti Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) tahun 2022 dan lolos pendanaan.