

Analisa Perhitungan untuk Pemasangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk *Solar Home System*

Suprianto

Prodi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Medan
 Jl. Almamater No. 1 Kampus USU, Medan 20155
 e-mail: suprianto@polmed.ac.id

Abstrak— Perancangan solar home system harus disesuaikan dengan kebutuhan listrik maksimum untuk memberikan dan menjaga kontinuitas pelayanan daya listrik di rumah tangga. Pemasangan solar home system yang tidak menggunakan perhitungan yang sesuai dan akurat akan menyebabkan solar home system tidak bekerja seperti yang diharapkan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan perancangan solar home system yang tepat dan efektif sesuai kebutuhan beban maksimum. Metode yang digunakan adalah metode analisis dan eksperimen yaitu melakukan analisis perhitungan terhadap rating peralatan yang direncanakan sekaligus melaksanakan pengukuran besaran listrik pada solar home system pada setiap waktu untuk mengetahui karakteristiknya dengan tepat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisa perhitungan untuk pemasangan solar home system sudah sesuai dengan karakteristik dan kinerja solar home system yang diprediksi. Pelayanan daya maksimum khusus lampu penerangan pada rumah tangga sebesar 308 watt dengan variasi pembebanan yang berbeda-beda setiap harinya. Untuk pembebanan utama di malam hari selama 12 jam mulai dari pukul 18.00 Wib hingga 06.00 Wib dengan variasi beban 1870 Wh hingga 2763 Wh mampu dilayani secara kontiniu oleh solar home system. Sesuai hasil analisis perhitungan solar home system modul surya yang digunakan sebesar 1600Wp, Solar charge controller 60 Ampere 24 volt, baterai 350 Ah dan inverter 1000 watt 24 volt telah mampu melayani pembebanan secara stabil dan kontiniu. Dengan memperbanyak jumlah modul surya sebanyak dua kali lipatnya maka pengisian baterai lebih cepat dua kali lipatnya atau dengan kata lain kondisi baterai pada waktu tengah hari sudah mencapai kondisi penuh. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dan acuan dalam pemasangan solar home system secara efektif.

Kata kunci : efisiensi, modul surya, baterai, scc, inverter.

Abstract—The design of a solar home system must be adjusted to the maximum electricity demand to provide and maintain the continuity of electric power services in households. Installing a solar home system that does not use appropriate and accurate calculations will cause the solar home system to not work as expected. This study aims to obtain the right and effective solar home system design according to maximum load requirements. The method used is the analytical and experimental method, which is to carry out a calculation analysis of the rating of the planned equipment while simultaneously measuring the amount of electricity in the solar home system at any time to find out its characteristics precisely. The results of the study show that the calculation analysis for the installation of a solar home system is in accordance with the predicted characteristics and performance of the solar home system. The maximum service power for household lighting is 308 watts with different loading variations every day. For the main loading at night for 12 hours from 18.00 WIT to 06.00 WIT with load variations of 1870 Wh to 2763 Wh can be served continuously by a solar home system. According to the results of the analysis of the calculation of the solar home system, the solar module used is 1600Wp, a 60 Ampere 24 volt solar charge controller, a 350 Ah battery and a 1000 watt 24 volt inverter have been able to serve loading in a stable and continuous manner. By doubling the number of solar modules, the battery charge will be doubled faster, or in other words, the condition of the battery at noon will reach full condition. This research is expected to be a reference and reference in installing solar home systems effectively.

Keywords : efficiency, solar module, battery, scc, inverter.

I. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga surya untuk beban listrik rumah tangga atau sering disebut dengan SHS beberapa tahun kedepan akan menjadi pilihan bagi masyarakat dalam mendapatkan energi listrik bila harga peralatan sistem PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) sudah tergolong murah dan mudah didapatkan. Keberadaan *solar home system* yang mengandalkan sinar matahari sebagai sumber utama menggunakan analisa perhitungan yang tepat. Hasil

kelistrikan akan menjadi alasan yang kuat bagi masyarakat kedepan untuk memanfaatkan salah satu jenis energi terbarukan ini, penelitian pada bidang ini terus dilakukan sebagai salah satu upaya dalam memberikan referensi ilmiah di bidang pembangkit listrik tenaga surya. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan hasil perancangan *solar home system* yang tepat dengan *performance* dan hasil yang efektif dan efisien dengan

analisa perhitungan tersebut di implementasikan pada

pembuatan PLTS yang sesungguhnya agar terjadi perbandingan dan pembuktian antara teoritis dan praktis. Sekaligus menunjukkan kebaruan dari penelitian ini. Pembangkit listrik tenaga surya rumah diharapkan dapat mengatasi masalah kekurangan energi global. Baterai adalah bagian penting sekaligus merupakan bagian yang paling mahal dari sebuah SHS dan masa pakainya relatif tidak lama dibandingkan di antara komponen lainnya. Perkiraan usia baterai bagian yang penting dan kompleks karena berkaitan dengan pemodelan fenomena elektrokimia tingkat sel untuk teknologi baterai, data eksperimen, dan kasus penggunaannya [3].

II. STUDI PUSTAKA

Studi sistem SHS yang cermat melalui beberapa kajian dan penelitian dapat dijadikan dasar penggunaan baterai yang mengarah pada penggunaan energi yang lebih optimal [4]. Konversi energi matahari menjadi listrik merupakan pembangkit listrik alternatif dari sumber energi terbarukan yang sangat menjanjikan karena berasal dari sumber energi yang gratis, bersih dan melimpah di beberapa negara. Pengaruh suhu sel surya terhadap kinerja panel fotovoltaik dan usia pakainya tidak berpengaruh signifikan terhadap pemilihan penggunaan pembangkit listrik tersebut [1]. Jenis energi yang tidak terbarukan seperti bahan bakar fosil dari segi biaya cukup mahal ditambah lagi dengan biaya pembangunan transmisi serta jalur distribusi turut menyumbang peningkatan biaya pembangunan pembangkitan listrik dan mengakibatkan harga listrik bagi pelanggan semakin tinggi. Pada sisi lain, pembakaran bahan bakar menyebabkan pencemaran lingkungan yang mengarah pada pemanasan global yang pada akhirnya menyebabkan perubahan iklim dan konsekuensinya iklim menjadi tidak stabil dan cenderung menimbulkan bencana alam. Meskipun biaya SHS tinggi untuk beberapa tahun kedepan namun kelebihan penggunaannya tidak perlu membayar tagihan listrik karena dapat memanfaatkan listrik dari tenaga matahari. Penentuan ukuran optimal dari sistem atap (*rooftop*) akan memenuhi kriteria kelayakan penggunaan listrik tenaga matahari dengan harga yang terjangkau [2].

Baterai lithium-ion yang digunakan untuk peralatan *rice cooker* dan lampu LED secara efisien dapat memenuhi kebutuhan listrik dalam memasak dan penerangan untuk satu keluarga. Pembangkit listrik tenaga surya dengan tata letak rumah yang tersedia dinilai dari segi biaya untuk beberapa tahun kedepan cukup menguntungkan dengan biaya investasi awal yang tinggi. Sistem solar sel dalam daya yang besar perlu untuk memperhitungkan *breakevent point* dan investasi pada proyek pembangunan pembangkit listrik tenaga surya dalam skala besar [6]. Penyinaran matahari berpotensi untuk dimanfaatkan dalam pemenuhan kebutuhan energi listrik sehari-hari. Banyak penelitian sedang dilakukan untuk meningkatkan kinerja panel surya. Pelacakan matahari adalah metode yang sering diadopsi untuk peningkatan kinerja. Namun perangkat pelacak matahari membutuhkan peralatan kontrol dan penggerak dan daya untuk peralatan ini harus disediakan oleh panel surya dan baterai selain biaya perawatan yang harus dikeluarkan setiap periode perawatan [5].

III. METODE

Pada sistem pembangkit listrik tenaga surya,

semua peralatan seperti baterai, panel surya, inverter dan *solar charge controller* (SCC) harus disesuaikan secara teknis dan ekonomis agar perancangan pembangkit listrik tenaga surya efektif dan bekerja sesuai dengan kemampuannya dalam melayani beban-beban listrik. Metode yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan alur/langkah penelitian yang dijelaskan setiap langkah per langkah sebagai berikut:

A. Menentukan Kapasitas baterai yang digunakan

1. Menghitung energi listrik rata-rata yang dibutuhkan per hari

Energi listrik rata-rata per hari dihitung dengan melaksanakan pendataan beban-beban yang digunakan dengan cara sebagai berikut :

- Melaksanakan pendataan terhadap rating daya masing-masing peralatan dalam satuan watt
- Menghitung jumlah jenis peralatan yang memiliki rating daya yang sama dan pada bagian atau fungsi yang sama (misalnya lampu ruang tamu terdiri dari dua lampu yang sama dan daya yang sama, maka dalam hal ini jumlah peralatan 2 unit)
- Melakukan pendataan terhadap waktu atau lama pemakaian setiap beban listrik dalam satu hari (misalnya lampu ruang tamu dalam satu hari hanya menyala selama 6 jam)
- Melakukan pendataan terhadap jumlah hari pemakaian beban listrik dalam seminggu (misalnya menggunakan setrika listrik dalam seminggu hanya 5 hari setrika digunakan)
- Menghitung energi Listrik yang digunakan dalam waktu satu minggu, yaitu dengan cara menghitung energi setiap peralatan listrik yaitu energi listrik per minggu setiap peralatan (Wh per minggu) adalah $Wh \text{ per minggu} = \text{daya setiap peralatan} \times \text{jumlah unit} \times \text{jumlah hari pemakaian listrik per minggu}$
- Menghitung energi Listrik total dari semua peralatan dengan menjumlahkan semua energi listrik yang digunakan dalam waktu satu minggu
- Menghitung rata-rata energi listrik per hari dari semua peralatan yaitu

$$\frac{\text{Energi listrik per minggu}}{7} \text{ (Wh)} \quad (1)$$

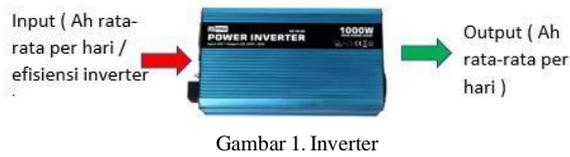
2. Mengubah satuan energi listrik rata-rata per hari kedalam satuan ampere-hour (Ah)

apabila telah dipilih dan ditentukan tegangan baterai untuk sistem yang digunakan maka dapat dihitung ampere-hour rata-rata yang dibutuhkan dalam waktu satu hari.

$$\frac{\text{Energi Listrik rata - rata per hari}}{\text{Tegangan baterai yang dipilih}} \text{ (Ah)} \quad (2)$$

3. Ah rata-rata per hari dengan efisiensi inverter

Inverter digunakan untuk mengubah listrik DC menjadi listrik AC dalam sistem PLTS hal ini menjadi hal yang umum karena beban-beban listrik yang digunakan dalam masyarakat luas adalah beban – beban listrik AC, untuk itu energi listrik yang dihasilkan baterai perlu diubah kedalam bentuk listrik AC dengan menggunakan inverter yang tentunya memiliki efisiensi dalam penggunaannya proses perubahan bentuk gelombang oleh komponen elektronika didalam inverter, namun demikian bila diambil nilai rata-ratanya efisiensi inverter kira-kira sebesar 85%



Gambar 1. Inverter

besarnya ampere-hour rata-rata per hari setelah memperhitungkan efisiensi inverter adalah

$$\frac{\text{Ampere – hour rata – rata per hari}}{\text{efisiensi inverter}} \quad (\text{Ah}) \quad (3)$$

4. Ah rata-rata per hari dengan efisiensi inverter dan baterai

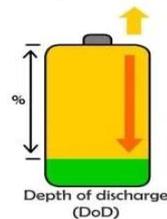
karena baterai memiliki efisiensi yang disebabkan adanya tahanan dan proses kimiawi di dalam baterai. Besarnya efisiensi baterai umumnya 80%



Gambar 2. Rating Ah baterai dengan mempertimbangkan efisiensi baterai dan inverter

5. Menghitung Ah rata-rata per hari dengan mempertimbangkan efisiensi inverter, efisiensi baterai dan DoD (Depth of Discharge)

DoD adalah jumlah energi yang diserap beban listrik dari baterai. DoD dinyatakan dalam persentase dari kapasitas nominal baterai. Semakin kecil DoD akan semakin panjang masa pakai baterai atau sebaliknya. DoD untuk baterai Lead Acid berkisar antara 20% hingga 50% sedangkan baterai lithium dapat hingga 80%. Proteksi inverter membatasi tegangan baterai pada batas tegangan terendah untuk tegangan 24 volt baterai yaitu sebesar 19 volt atau bila dikaitkan dengan nilai DoD baterai maka nilai DoD antara 30% hingga 40%



Gambar 3. Ilustrasi DoD



Gambar 4. Rating baterai dengan mempertimbangkan DoD, efisiensi baterai dan inverter

6. Ah rata-rata per hari dengan efisiensi inverter dan baterai, DoD dan hari otonom.

Hari otonom yaitu jumlah hari yang mana baterai tetap melayani beban bila panel surya kurang maksimal menghasilkan listrik disebabkan cuaca mendung atau hujan. Semakin besar hari otonom berarti kapasitas baterai harus semakin besar



Gambar 5. Kapasitas baterai dengan hari otonom, DoD, efisiensi baterai dan efisiensi inverter



Gambar 6. Kapasitas baterai untuk perencanaan PLTS dengan kapasitas (Ah rata-rata per hari / efisiensi inverter / Efisiensi Baterai / DoD) x Jlh. Hari otonom

7. Menentukan dan memilih kapasitas Ah dan tegangan untuk satu unit baterai

B. Menentukan jumlah modul fotovoltaic yang dibutuhkan dalam sistem PLTS

Penentuan jumlah modul surya tergantung pada kebutuhan energi rata-rata per hari yang dibutuhkan beban listrik, kondisi cuaca, letak modul solar sel, ada tidaknya shading, dan spesifikasi peralatan lainnyadalam sebuah sistem PLTS. Beberapa rumus atau formula sering digunakan untuk menentukan jumlah modul surya yang digunakan dan terkadang dalam rumusan tersebut melibatkan konstanta tertentu dan data tertentu dari keadaan cuaca. Dalam penelitian ini jumlah panel surya berdasarkan rumus berikut sebagai berikut :

$$\frac{\text{energi rata – rata per hari yang dibutuhkan beban listrik}}{\text{energi rata – rata yang dihasilkan satu modul surya per hari}} \quad (4)$$

Energi matahari yang sampai pada modul surya kemudian dikonversi menjadi energi listrik oleh modul surya. Energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya yang dapat langsung menyuplai beban dan pengisian baterai biasanya terjadi pada pukul 09:00 Wib hingga pukul 16:00 Wib, dan waktu tersebut tidak dapat menjadi patokan karena sangat tergantung pada intensitas matahari ketika sampai ke modul surya yang artinya tergantung fluktuasi intensitas karena kondisi cuaca. Adakalanya mulai pukul 8:30 Wib intensitas matahari sudah mulai tinggi dan bisa sampai pukul 15:00 Wib dan adakalanya juga sampai pukul 16:00 Wib dan bahkan hingga pukul 17:00 Wib jadi tergantung pada intensitas matahari yang identik dengan kondisi cuaca. Jika dirata-ratakan intensitas tinggi matahari terjadi kurang lebih antara 5 jam sampai 6 jam dalam satu hari dengan nilai intensitas yang tetap berfluktuasi selama waktu tersebut.

C. Menentukan rating solar charge controller dalam sistem PLTS

Solar charge controller (SCC) adalah peralatan elektronika yang berfungsi untuk pengendali otomatis pengisian baterai untuk mencegah baterai dari overcharging dan overvoltage yang dapat berpotensi menimbulkan kerusakan pada baterai saat proses pengisian. Selain itu SCC juga berfungsi memblokir arus balik ke modul surya pada malam hari. Jika baterai penuh maka secara otomatis pengisian arus dari modul suryadihentikan atau diperkecil sampai dengan tegangan baterai kembali turun akibat pembebanan. Penentuan rating SCC yang digunakan tergantung dari besar arus

modul surya secara keseluruhan dan tegangan modul surya yang dipilih.

Rating arus SCC

> *arus max. modul surya secara keseluruhan*

D. Menentukan rating inverter dalam sistem PLTS

Inverter adalah peralatan untuk mengubah listrik DC ke listrik AC pada tegangan dan frekuensi yang ditentukan. Bentuk gelombang inverter dapat berupa gelombang persegi (*square wave*), gelombang sinus (*sine wave*), dan lain-lain. Dengan tegangan output 240 V dengan kapasitas daya beraneka ragam mulai dari 300W, 500W, 1000W, 2000W, 3000W dan lain-lain. Perhitungan untuk menentukan kapasitas inverter dilakukan dengan memperhitungkan daya beban listrik yang akan dilayani .

Daya inverter x eff. inverter > daya maks. keseluruhan beban yang akan dilayani

Khusus untuk beban-beban motor listrik yang akan dilayani maka inverter harus mempunyai kemampuan dalam pelayanan daya khususnya pada saat starting motor-motor listrik yang mempunyai arus start yang tinggi dan itulah sebabnya beberapa inverter memberikan keterangan daya peak yang dapat dilayani misalnya 2000 Watt dengan peak 4000W artinya inverter tersebut dapat melayani daya secara normal 2000 Watt namun pada saat awal bisa sampai melayani 4000Watt dalam waktu cukup ringkas atau disebut dengan daya peak atau daya kejut

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pendataan beban – beban listrik sebagai pembebanan dari sistem PLTS yang akan direncanakan di buat pada tabel 1. sebagai berikut

Tabel 1. Data-data beban listrik sistem PLTS

Load	Daya (watt)	Jumlah Peralatan	Jumlah Jam Pakaian listrik / Hari	Jumlah hari pemakaian listrik / minggu	Energi Listrik yang digunakan dalam waktu satu minggu (Watt-Jam)
Lampu Teras	18	1	12	7	1512
Lampu Ruang Tamu	14	2	6	7	1176
Lampu Ruang Belajar	30	1	6	7	1260
Lampu Kamar 1	18	1	6	7	756
Lampu kamar mandi 1	7	1	12	7	588
Lampu Mushallah	18	1	6	7	756
Lampu Kamar 2	18	1	6	7	756
Lampu Kamar 3	18	1	6	7	756

Load	Daya (watt)	Jumlah Peralatan	Jumlah Jam Pakaian listrik / Hari	Jumlah hari pemakaian listrik / minggu	Energi Listrik yang digunakan dalam waktu satu minggu (Watt-Jam)
Lampu Tengah	18	1	6	7	756
Lampu Dapur	18	1	12	7	1512
Lampu Ruang Makan	14	1	6	7	588
Lampu Gudang 1	18	1	2	7	252
Lampu Gudang 2	7	1	12	7	588
Lampu Kamar Mandi 2	9	1	2	7	126
Lampu belakang	12	1	2	7	168
Lampu samping 1	7	1	12	7	588
Lampu samping 2	7	1	12	7	588
Lampu samping 3	7	1	12	7	588
Lampu Garasi	18	1	6	7	756
Lampu Samping 4	18	1	12	7	1512
TOTAL					15582

Berdasarkan data-data yang telah dikumpulkan maka dapat dilaksanakan perhitungan perencanaan pembangkit listrik tenaga surya berdasarkan cara perhitungan-perhitungan yang telah disampaikan pada metode penelitian

A. Kapasitas baterai yang digunakan

Energi listrik rata-rata adalah :

$$\frac{\text{energi listrik per minggu}}{7} = \frac{15582}{7} = 2226 \text{ (Wh/hari)}$$

Bila dikonversi dari Wh ke Ah, maka

$$\frac{\text{energi listrik rata – rata per hari}}{\text{Tegangan baterai yang dipilih}} \text{ (Ah/hari)}$$

Tegangan baterai pada sistem PLTS yang dipilih dalam hal ini adalah 24 V, tegangan baterai bebas dipilih dalam perencanaan PLTS, namun pada dasarnya pemilihan tegangan yang lebih tinggi bisa menurunkan rugi-rugi daya. Ampere hour rata-rata per hari setelah memilih tegangan baterai yang dipilih menjadi:

$$\text{Ampere – hour rata – rata} = \frac{2226}{24} = 93 \text{ (Ah/hari)}$$

Setelah memperhitungkan efisiensi inverter maka;

$$\text{Ah rata - rata} = \frac{\text{Ampere-hour rata-rata}}{\text{efisiensi inverter}} \text{ (Ah/hari)}$$

efisiensi inverter bervariasi dari 75% hingga 95%, tapi pada umumnya efisiensi inverter yang dipilih adalah 85%.

$$\text{Ah rata - rata} = \frac{93}{0,85} = 109,1 \text{ (Ah/hari)}$$

Efisiensi baterai lead acid umumnya 80%, sehingga Ah rata-rata setelah mempertimbangkan faktor efisiensi inverter dan baterai adalah

$$\frac{\text{Ah rata2 setelah menggunakan inverter / eff.inverter}}{\text{Efisiensi Baterai}}$$

$$\text{Ah rata - rata} = \frac{109,1}{0,8} = 136,4 \text{ (Ah/hari)}$$

Untuk Lead Acid adalah faktor DoDnya 20% hingga 50%, inverter memproteksi faktor DoD sebesar 40%, sehingga Ah rata-rata per hari menjadi

$$\frac{\text{Ah rata2 per hari / eff. inverter/eff. baterai}}{\text{DoD}} = \frac{136,4}{0,4} = 341 \text{ (Ah/hari)}$$

Bila mempertimbangkan hari otonom yang dipilih adalah 1 hari, maka Ah rata-rata perhari menjadi

$$\frac{\text{Ah rata2 / eff. inv./eff. bat.}}{\text{DoD}} \times \text{hari otonom}$$

$$\text{Ah rata - rata} = \frac{136,4}{0,4} (\text{Ah/hari}) \times 1 (\text{hari}) = 341 \text{ (Ah)}$$

Sehingga jumlah baterai yang dibutuhkan baterai 100 Ah 24 volt adalah $341 \text{ Ah} / 100 \text{ Ah} = 3,41$ unit baterai. Bila ada 3,41 unit baterai 100 Ah 24 volt berarti jumlah unit baterai 100 Ah 24 volt adalah Jumlah unit baterai 100 Ah 24 Volt = 3,41 unit atau sama dengan $3,41 \times 2 = 6,82$ unit baterai 100 Ah 12 Volt, karena faktor pembulatan maka jumlah unit baterai 100 Ah 12 volt yang dibutuhkan sebanyak 7 Unit baterai.

B. Jumlah modul fotovoltaic yang dibutuhkan dalam sistem PLTS

Energi rata-rata perhari yang dibutuhkan beban listrik pada tabel 1. sebesar 2266 Wh. Pemilihan satu modul surya dipilih dengan rating 100 Wp, untuk itu berdasarkan metode yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa rata-rata intensitas matahari yang signifikan terjadi antara 5 sampai 6 jam per hari, maka untuk modul surya 100 Wp dalam hal ini dianggap setiap jamnya serendah-rendahnya rata-rata menghasilkan setengahnya dari kapasitas ratingnya dalam hal ini 50 Wp per jam sehingga bila diambil nilai terendah untuk intensitas matahari yang signifikan selama 5 jam maka energi yang dihasilkan rata-rata $5 \times 50 \text{ Wh}$ atau sama dengan 250 Wh

$$\frac{\text{jumlah modul surya}}{\text{energi rata2 per hari yang dibutuhkan beban listrik}} = \frac{\text{energi rata2 yang dihasilkan satu modul surya per hari}}$$

Sehingga jumlah modul surya yang dibutuhkan 9 unit modul 100 wp, untuk spesifikasi tegangan dan arus modul surya tidak perlu dipertimbangkan karena yang diperkirakan adalah jumlah wattnya, sedangkan arus dan tegangan dapat dimodifikasi dalam kombinasi hubungan seri paralel. Namun demikian harus juga diperhatikan dengan pemilihan inverter yang akan digunakan karena tegangan inverter harus sesuai dengan tegangan output SCC demikian juga kemampuan SCC harus diperhitungkan berdasarkan pemilihan tegangan dan arus solar sel, 9 unit modul surya 100 Wp dari perhitungan telah mampu melayani beban listrik sebesar 2226 Wh, bila ingin pengisian lebih cepat maka jumlah modul surya dapat ditambahkan lebih dari 9 unit, misalnya menggunakan modul surya sebanyak dua kali lipat dari jumlah normalnya yaitu sebanyak 18 unit 100 Wp maka pengisian ke baterai dapat dilakukan cukup hanya setengah hari saja atau kira-kira jam 12:00 Wib hingga 13:00 Wib maka baterai sudah terisi penuh, dan hal ini tidak akan merusak baterai karena penggunaan SCC akan membatasi baterai dari overcharging dan overvoltage. Dalam penelitian ini menggunakan 16 unit 100 Wp sehingga hampir mendekati 18 unit 100 Wp dan diprediksi pengisian baterai akan lebih cepat penuh dibandingkan dengan menggunakan 9 unit modul surya, dan diprediksi kira-kira baterai dapat penuh pada pukul 12:00 Wib hingga pukul 14:00 Wib.

C. Rating solar charge controller (SCC) dalam sistem PLTS

Rating SCC yang dipilih berdasarkan rating arus modul surya, modul surya yang dipilih dan digunakan pada penelitian ini adalah 100 Wp, 18 volt, 5,56 A.

Rating arus SCC

> arus max. modul surya secara keseluruhan

16 modul surya 100 wp 18 volt 5,56 A dalam penelitian ini dihubungkan seri paralel, artinya setiap 2 modul surya dihubungkan seri yang berarti ada 8 yang dihubungkan seri, dan kemudian dari 8 yang dihubungkan seri kemudian dihubungkan paralel, sehingga arus maksimum yang dihasilkan adalah $5,56 \text{ A} \times 8 = 44,48$ Ampere dengan tegangan 36 volt (18 volt dihubungkan seri). Berarti rating arus scc harus lebih besar 44,48 A dalam penelitian ini SCC yang dipilih adalah kapasitas 60 Ampere dengan tegangan 24 volt.

D. Rating inverter dalam sistem PLTS

Penggunaan inverter pada sistem PLTS didasarkan atas kebutuhan beban yang akan dilayani. Namun inverter memiliki efisiensi dalam mengubah listrik DC ke bentuk listrik AC yang pada umumnya memiliki efisiensi 85%. Pada penelitian ini kebutuhan total beban listrik adalah 308 watt.

Daya inverter x eff. inverter >

daya maks. keseluruhan beban yang akan dilayani

Jika beban hanya berupa lampu penerangan maka tidak perlu memperhitungkan daya peak atau daya kejutan sehingga tidak perlu menggunakan spesifikasi inverter yang memiliki daya peak atau daya kejutan yang besarnya

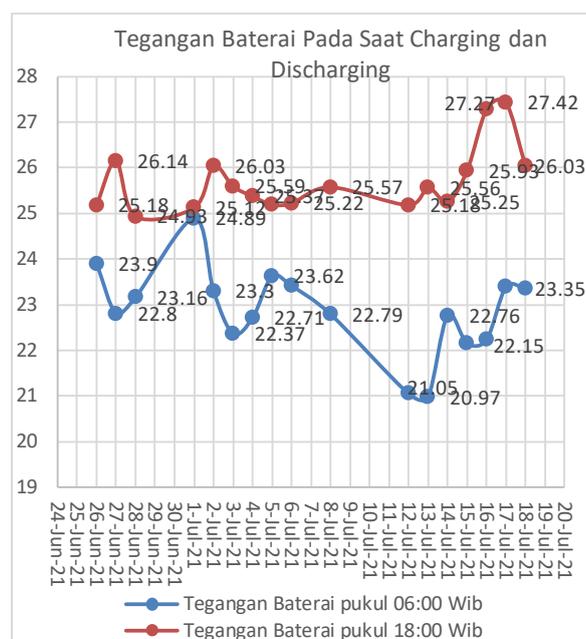
biasanya dua kali lipat rating daya nominalnya namun apabila pembebanan yang dilayani berupa motor-motor listrik seperti air conditioner, kulkas, mesin cuci dan beban-beban lain yang memiliki arus start yang tinggi maka yang harus dipilih adalah inverter yang memiliki kemampuan untuk melayani arus start yang tinggi. Pada penelitian ini inverter 1000 watt memiliki efisiensi 85% atau 850 watt, yang berarti daya maksimum keseluruhan beban yang akan dilayani hanya 308 watt beban lampu penerangan 308 watt tersebut terdiri dari sejumlah lampu yang nilai dayanya bervariasi dari 7 watt, 9 watt, 12 watt, 14 watt, 18 watt hingga 30 watt. Kemampuan inverter lebih dari cukup untuk melayani pembebanan tersebut. Pembuktian kemudian dilakukan dengan melaksanakan pengukuran dilakukan setiap 15 menit sekali selama 17 hari baik untuk mengukur intensitas matahari, suhu, arus modul surya, tegangan modul surya, tegangan supply baterai, tegangan pengisian baterai, arus pengisian dan arus discharging baterai, tegangan input inverter, arus input inverter, tegangan terminal output inverter, arus output inverter, daya beban listrik, faktor daya beban listrik, tegangan output dan arus SCC. Pengambilan data yang dilakukan sangat banyak namun untuk mewakili data yang disajikan maka data pokok ditampilkan seperti pada tabel 2. berikut

Tabel 2. Data-data hasil pengukuran selama 14 hari dengan selang waktu pengukuran setiap 15 menit sekali dalam 24 jam

Tanggal	Teg. Bat. pukul 06:00 Wib	Teg. Bat. pukul 18:00 Wib	waktu Teg. baterai >= 26 Volt	Intensi tas Matahari Watt/m ²	Rata-rata W.h sela ma 12 jam
6/06/21	23,9	25,18	14.00	611	2186
27/06/21	22,8	26,14	12.45	590	2087
28/06/21	23,16	24,93	11.00	724	2019
01/07/21	24,89	25,12	12.30	555	2321
02/07/21	23,3	26,03	11.15	576	2763
03/07/21	22,37	25,59	10.45	503	2647
04/07/21	22,71	25,37	10.30	464	2117
05/07/21	23,62	25,19	12.00	480	2000
06/07/21	23,41	25,22	12.15	371	2273
08/07/21	22,79	25,57	12.30	590	1870
12/07/21	21,05	25,18	13.45	408	2014
13/07/21	20,97	25,56	13.30	457	1917
14/07/21	22,76	25,25	10.30	618	2155
15/07/21	22,15	25,93	12.00	1147	2232
16/07/21	22,23	27,27	10.30	980	2019
17/07/21	23,39	27,42	10.00	883	2155
18/07/21	23,35	26,03	10.00	894	2165

Sesuai dengan metode penelitian dan hasil analisa perhitungan menunjukkan hasil seperti yang diharapkan dengan menerapkan jumlah modul surya sebanyak 16 modul surya 100 wp maka pengisian baterai dan dscharging baterai memadai untuk kondisi

cuaca dan kondisi pembebanan yang ditentukan dalam perencanaan. Terlihat pada tabel 1. Bahwa pembebanan dari sore hingga pagi hari tidak menyebabkan baterai terkuras dan masih sesuai dengan batas DoD yang direncanakan. Penambahan dan pengurangan tegangan baterai sebanding dengan suplay modul surya dan sebanding dengan pembebanan pada solar home system dalam hal ini pembebanan jenis beban lampu penerangan. Intensitas matahari dengan satuan (Watt/m²) yang diukur setiap 15 menit sekali hingga 17 hari memiliki nilai rata pengukuran yaitu sebesar 638 Watt/m² yang mampu melakukan pengisian baterai secara efektif dan aman karena dikendalikan oleh solar charge controller dengan kapasitas 60 Ampere 24 volt.



Gambar 7. Karakteristik tegangan pengisian dan pembebanan baterai

Karakteristik pengisian dan pembebanan baterai diperoleh dari hasil pengukuran tegangan baterai selama 17 hari dengan sampel pengambilan data setiap hari selama 24 jam pada slang waktu 15 menit sekali. Penambahan dan penurunan tegangan baterai bila diambil nilai rata-ratanya selama 17 hari maka penambahan tegangan dan pengurangan tegangan adalah sama yaitu sebesar 2, 8 volt tanpa menyentuh batas DoD baterai atau dengan kata lain proteksi pembatasan tegangan 19 volt oleh inverter tidak sempat terjadi.

I. KESIMPULAN

Jumlah modul surya yang ditambah sebanyak dua kali lipat akan menyebabkan pengisian baterai lebih cepat dua kali lipatnya atau dengan kata lain kondisi baterai pada waktu tengah hari sudah mencapai kondisi penuh. Pengisian baterai dengan kapasitas panel surya yang besar tidak akan merusak baterai karena pengamanan sudah dilakukan melalui SCC. Pengukuran dan pengamatan dilakukan setiap selang waktu 15 menit sekali selama 17 hari dan menunjukkan hasil yang sesuai dengan analisa hasil perhitungan yaitu untuk batas DoD baterai tidak dilampaui selama pembebanan sehingga solar home system dapat menyuplai beban secara stabil dan kontiniu. Penambahan dan pengurangan tegangan baterai selama waktu 17 hari pengukuran menunjukkan nilai yang sama untuk penambahan dan pengurangan tegangan baterai

yaitu sebesar 2,8 volt. Tegangan baterai dengan 7 unit baterai 100 Ah 12 volt atau setara dengan 350 Ah 24 volt mampu menyuplai energi listrik sebesar 2226 wh dengan pelayanan beban secara fluktuatif sesuai kebutuhan listrik rumah tangga dalam waktu maksimum 12 jam pembebanan dengan daya maksimum beban terpasang sebesar 308 watt. Desain sistem PLTS untuk *Solar home system* dengan daya maksimum beban lampu penerangan 308 watt dapat disuplai oleh sistem PLTS 1600 Wp, dengan kapasitas baterai 350 Ah 24 Volt, dan rating SCC 60 Ampere 24 volt serta inverter dengan rating 1000 watt dapat secara baik bekerja dengan stabil dan kontiniu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Charfi, W., Chaabane, M., Mhiri, H., & Bournot, P., "Performance evaluation of a solar photovoltaic system". *Energy Reports*, 4, 400–406. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2018.06.004>, 2018.
- [2] Hossain, C. A., Chowdhury, N., Longo, M., & Yaïci, W., "System and cost analysis of stand-alone solar home system applied to a developing country". *Sustainability (Switzerland)*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/su11051403>, 2019.
- [3] Narayan, N., Papakosta, T., Vega-Garita, V., Qin, Z., Popovic-Gerber, J., Bauer, P., & Zeman, M., "Estimating battery lifetimes in Solar Home System design using a practical modelling methodology" *Applied Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.06.152>
- [4] Manur A, Marathe, M., "Smart Solar Home System with Solar Forecasting", 2020 IEEE International Conference on Power Electronics, Smart Grid and Renewable Energy (PESGRE2020), Cochin, India, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/PESGRE45664.2020.9070340.
- [5] Rahman, R., & Khan, M. F., Performance enhancement of PV solar system by mirror reflection. In *ICECE 2010 - 6th International Conference on Electrical and Computer Engineering* (pp. 163–166). <https://doi.org/10.1109/ICELCE.2010.5700652>
- [6] Zubi, G., Spertino, F., Carvalho, M., Adhikari, R. S., & Khatib, T., "Development and assessment of a solar home system to cover cooking and lighting needs in developing regions as a better alternative for existing practices". *Solar Energy*, 155, April 2018, 7–17. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.05.077>