

PERENCANAAN PLTS *OFF GRID* DI DESA TOLONUO SELATAN KECAMATAN TOBELO UTARA KABUPATEN HALMAHERA UTARA

Article history
Received

Received in revised form

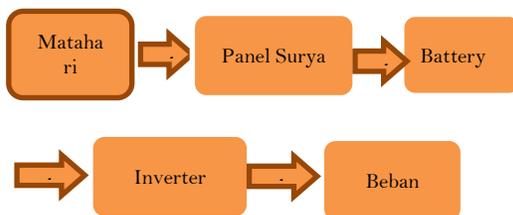
Accepted

M. Yunus Hi. Abbas, Achmad P. Sardju*

Prodi Teknik Elektro, Universitas Khairun, Ternate, Indonesia

*Corresponding author
myunus2007@gmail.com

Graphical abstract



Abstract - Electrical energy continues to increase along with the increasing number of human population and the more modern human lifestyle is one of the causes of energy consumption. The use of several electrical and electronic equipment to support the needs of society in today's modern era. Electrical energy is one of the main human needs in supporting people's daily lives, especially the upper middle class, therefore this need must be fulfilled and its utilization must be used efficiently. The PV mini-grid system requires a very large cost for a village scale from an economic point of view. Apart from the very large initial investment cost of Rp.2. 189.50 0.000,-, in general, if the infrastructure is improved, tourists will use higher electricity consumption, so that the area can improve the economy and village welfare. type of quantitative research. The quantitative aspect of this study is the collection of primary data regarding daily electrical energy needs in South Tolonuo Village using interviews and field observations. The daily energy requirement in South Tolonuo Village is 97 kWh/day or 97,000 Wh/day. To determine the peak power of PLTS, Global Horizontal Irradiance (GHI) data is required.

Keywords: PV mini-grid, Tolonuo Village, battery, Solar Panel

Abstrak

Abstrak- Energi listrik terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah populasi manusia dan pola hidup manusia yang semakin modern menjadi salah satu penyebab meningkatnya konsumsi energi. Penggunaan beberapa peralatan listrik dan elektronika untuk menunjang kebutuhan masyarakat di era modern saat ini. Energi listrik menjadi salah satu kebutuhan utama manusia dalam menunjang aktifitas kehidupan masyarakat sehari-hari khususnya kalangan masyarakat menengah ke atas, oleh karena itu kebutuhan ini harus tercukupi dan pemanfaatannya harus digunakan secara efisien. Sistem PLTS membutuhkan biaya yang sangat besar untuk skala desa dari segi ekonomis. Selain dari biaya investasi awal yang sangat besar yaitu Rp.2. 189.50 0.000,-, pada umumnya bila infrastruktur dibenahi maka wisatawan akan datang sehingga semakin tinggi pemakaian listrik, sehingga daerah tersebut dapat meningkatkan ekonomi dan kesejahteraan desa.jenis penelitian kuantitatif. Adapun aspek kuantitatif pada penelitian ini yaitu pengumpulan data primer mengenai kebutuhan energi listrik harian di Desa Tolonuo Selatan menggunakan wawancara dan observasi lapangan. Kebutuhan energi harian yang ada di Desa Tolonuo Selatanyaitu sebesar 97 kWh/hari atau 97.000 Wh/hari Untuk menentukan daya puncak dari PLTS diperlukan data *Global Horizontal Irradiance* (GHI).

Kata Kunci : PLTS, Desa Tolonuo, baterai, Panel Surya

1. PENDAHULUAN

Energi listrik terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah populasi manusia dan pola hidup manusia yang semakin modern menjadi salah satu penyebab meningkatnya konsumsi energi. Penggunaan beberapa peralatan listrik dan elektronika untuk menunjang kebutuhan masyarakat di era modern saat ini mengalami peningkatan seiring dengan berkembangnya teknologi, sehingga penggunaan energi listrik menjadi salah satu kebutuhan utama manusia dalam menunjang aktifitas kehidupan masyarakat sehari-hari khususnya kalangan masyarakat menengah ke atas, oleh karena itu kebutuhan ini harus tercukupi dan pemanfaatannya harus digunakan secara efisien.

Pada umumnya energi listrik yang disuplai bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil berasal dari sisa-sisa mikroorganisme atau jasad renik yang mengalami pembusukan yang terbentuk selama jutaan tahun lalu, sehinggabahanbakarfosiltergolongkedalamsumberdaya alam yang tidak dapat diperbaharui (*unrenewable resources*) yang suatu saat jumlahnya akan habis.

Masyarakat desa Tolonuo Selatan dalam memenuhi kebutuhan listriknya dilakukan secara mandiri dengan menggunakan genset, dengan bahan bakar bensin dan solar. Harga kedua bahan bakar tersebut sangat mahal sehingga masyarakat setempat merasa sangat terbebani akan hal tersebut, dan pada waktu tertentu ketersediaan bahan bakar tersebut tidak terpenuhi karena harus di suplai dari kota Tobelo, dalam kondisi tersebut maka genset tidak dapat di operasikan. Dalam hal ini masyarakat setempat sangat mengharapkan agar adanya kepedulian pemerintah kota dengan menyediakan listrik untuk memenuhi kebutuhan mereka baik kebutuhan rumah tangga maupun kebutuhan lainnya.

2. METODE

Penelitian ini adalah jenis penelitian kuantitatif. Adapun aspek kuantitatif pada penelitian ini yaitu pengumpulan data primer mengenai kebutuhan energi listrik harian di Desa Tolonuo Selatan menggunakan wawancara dan observasi lapangan. Penelitian ini dilakukan di Desa Tolonuo Selatan Kecamatan Tobelo Utara Kabupaten Halmahera Utara.

Desain Sistem

Langkah awal dalam sistem perencanaan PLTS off grid berdasarkan gambar 1. Yaitu dengan cara mengumpulkan data beban dan pada waktu yang beroperasi setelah dari semua data yang di kumpulkan dari hasil survey. Menghitung jumlah modul adalah perhitungan yang bertujuan untuk untuk menentukan berapa jumlah modul yang akan terhubung seri dan paralel. Berdasarkan standar jumlah modul yang akan terhubung seri dan paralel dengan menggunakan rumus

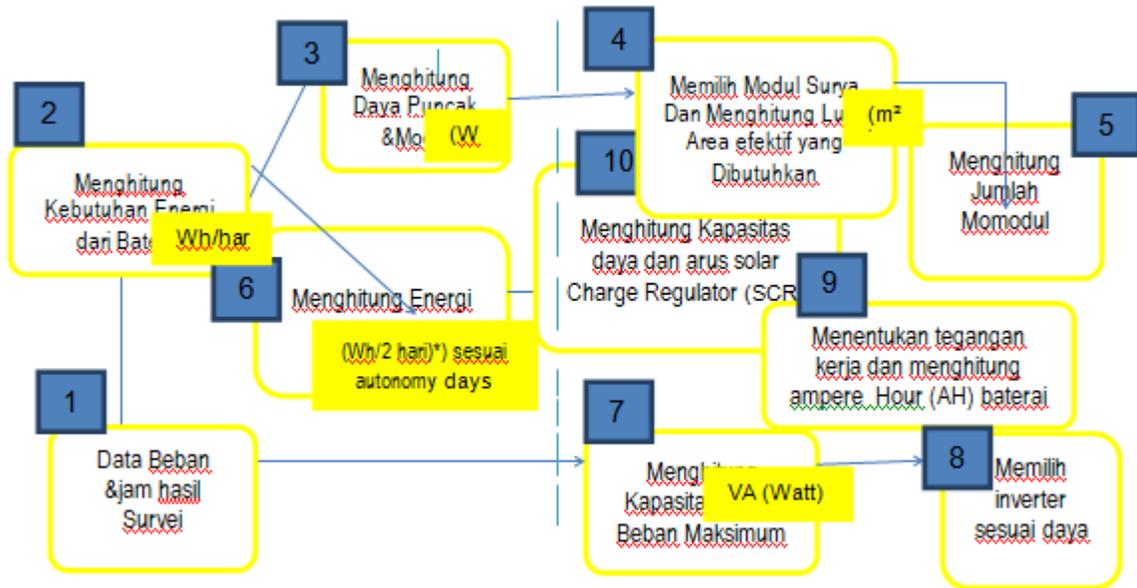
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Lokasi PLTMH

Pulau Tolonuo secara administratif berada wilayah Kecamatan Tobelo Utara, Kabupaten Halmahera Utara, Provinsi Maluku Utara. Secara geografis berada pada koordinat 0' " LS dan 0' " BT dengan luas Ha. Pulau Tolonuo merupakan pulau berpenduduk, terdapat 2 Desa di Pulau Tolonuo yaitu Desa Tolonuo Utara dan Desa Tolonuo Selatan, Desa Tolonuo Utara biasa disebut sebagai Desa Inti dan Desa Tolonuo Selatan disebut Desa Pemekaran. Dahulu kala Pulau Tolonuo dikenal sebagai Pulau Tolo dan dipimpin oleh seorang tetua adat, Pulau Tolonuo merupakan pulau yang sudah sejak nenek moyang dihuni secara turun temurun oleh suku Galela dan Tobelo. Arti nama Tolonuo berasal dari kata Tolo dan Nuo, dengan arti Tolo = Suara Gendang/ bunyi-bunyian (bahasa Ternate) dan Nuo = Pulau. Rata-rata penduduk yang menghuni pulau ini merupakan warga asli pulau dan terdapat pendatang yang berasal dari Suku Makeang di Ternate. Bahasa sehari-hari yang digunakan adalah bahasa Tobelo Galela dan Bahasa Indonesia.

Desain Sistem PLTS Terpusat

Dalam perencanaan sistem PLTS terpusat terdapat beberapa tahapan, namun secara garis besar terbagi menjadi 2 bagian yaitu menentukan kebutuhan energi serta menentukan sistem kelistrikan PLTS.



Gambar 1. Desain Sistem PLTS Terpusat

Analisis Data

Sedangkan fasilitas umum di Desa Tolonuo Selatan yaitu :

Tabel 1 Daftar fasilitas umum

No	Fasilitas	Jumlah
1	Rumah Tinggal	157
2	Mesjid	1
3	Gereja	1
4	Sekolah Dasar	1

Fasilitas yang terdapat di Desa Tolonuo Selatan belum juga terlistriki sampai saat ini. Dan hasil wawancara dan observasi lapangan maka dibuatlah proyeksi kebutuhan energi listrik di Desa Tolonuo Selatan. Dalam penelitian ini proyeksi kebutuhan listrik baru ditunjukkan untuk fasilitas umum dan rumah tinggal. Adapun proyeksi kebutuhan energi listrik Desa Tolonuo Selatan sebagai berikut:

Tabel 2 Profil Beban harian dan Beban Puncak

No	Beban	Type Beban	Jumlah	Daya		Operasi per Hari		Kebutuhan Energi		Total Kebutuhan Energi Harian (Wh)
				siang	malam	siang	malam	Siang dan Malam		
				(Watt)	(Watt)	(Jam)	(Jam)	Siang	Malam	
								(Wh)	(Wh)	
1	Rumah	Rumah Tangga	157	5.495	10.205	6	6	32.970	61.230	94.200
2	Fasos/Fasum	Sekolah	1	60	20	6	6	360	120	480
3	Fasos/Fasum	Mesjid	1	60	96	2	6	120	576	696
4	Fasos/Fasum	Gereja	1	60	96	2	6	120	576	696
Jumlah Total				5.675	10.417	16	24	33.570	62.502	96.072
Pembulatan										97,000



Gambar 2 Ploting Kurva Beban Harian dan Beban Puncak Desa Tolonuo Selatan

Sistem Sizing PLTS

1. Menentukan Kebutuhan Energi Harian

Kebutuhan energi harian yang ada di Desa Tolonuo Selatanyaitu sebesar 97 kWh/hari atau 97.000 Wh/hari seperti yang terdapat pada tabel 4.2.

2. Perhitungan Daya Puncak PLTS

Untuk menentukan daya puncak dari PLTS diperlukan data *Global Horizontal Irradiance* (GHI). Berdasarkan tabel 4.3 dan gambar 4.4 GHI di Desa Tolonuo Selatanyaitu sebesar 5,89 kWh/m²/hari. Sehingga besarnya daya puncak PLTS adalah

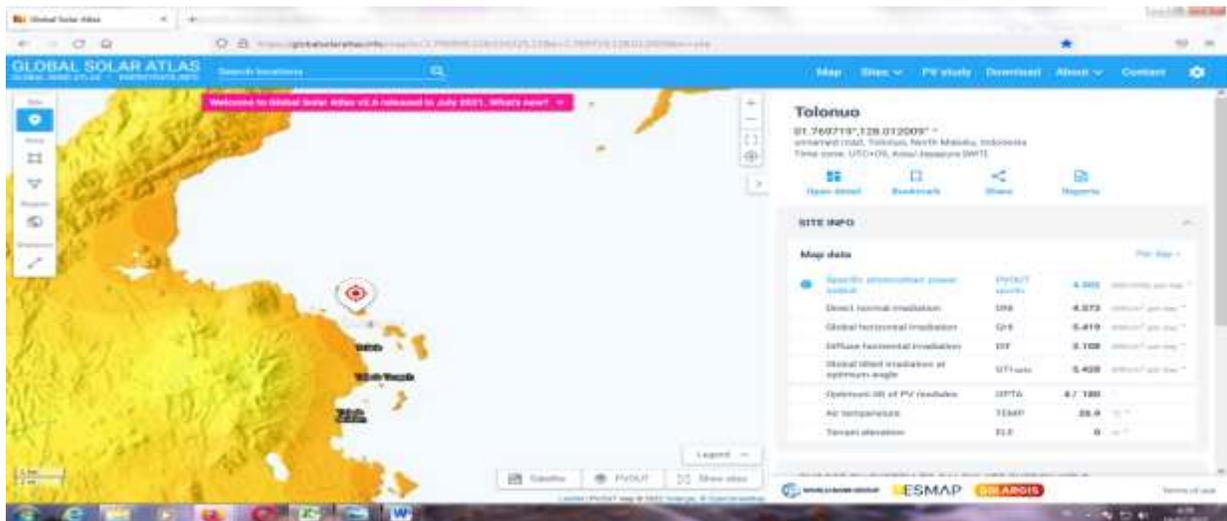
$$kW_{(peak)PLTS} = \frac{\text{Total Kebutuhan Energi Harian (kWh)}}{\text{Iradiasi (kWh/m}^2\text{)}} = \frac{97}{5,431} = 17,860 \text{ kWp}$$

$$kW_{(peak)PLTS} = \frac{97}{5,431} = 17,860 \text{ kWp}$$

Dengan mempertimbangkan losses system sebesar 15 % sampai 25% maka :

$$kW_{(peak)PLTS} = 17,860 + (0,25 \times 17,860) = 22,325 \text{ kWp}$$

maka daya puncak PLTS adalah sebesar 22kWp.



Gambar 3 Tampilan Global Horizontal Irradiation

3. Memilih modul surya dan menghitung luas area efektif yang dibutuhkan pada penelitian ini modul surya yang digunakan adalah modul surya yang di produksi oleh Longi Solar, dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3 Spesifikasi Modul PV

<i>Model Number</i>	LR4-60HPH-365M	
<i>Testing Condition</i>	STC	NOCT
<i>Maximum Power (Pmax)</i>	365 W	270 W
<i>Open Circuit Voltage (Voc)</i>	40.7 V	38.0 V
<i>Short Circuit Current (Isc)</i>	11.43 A	9.22 A
<i>Voltage at Maximum Power (Vmp)</i>	34.2 V	31.6 V
<i>Current at Maximum Power (Imp)</i>	10.68 A	8.56 A
<i>Module Efficiency</i>	20 (%)	
<i>Dimension</i>	1755 x 1038 x 35 mm	
<i>Standard Testing Conditions (STC)</i>	1000 W/m ² , 25°C, AM1,5	
<i>Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)</i>	800 W/m ² , 20°C, AM1,5	

Luas area yang efektif adalah area khusus untuk menempatkan modul surya yang akan di pasang. Penentuan luas area efektif dapat ditentukan dengan menggunakan formulasi:

$$\text{Area (m}^2\text{)} = \frac{\text{Daya Puncak PLTS (kWp)}}{\text{Efisiensi Modul Surya}}$$

dengan efisiensi modul surya adalah:

$$\text{Efisiensi Modul Surya} = \frac{\frac{\text{Daya Modul Surya (W)}}{\text{Luas Modul Surya (m}^2\text{)}}}{1000 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2}\right)} \times 100\%$$

Berdasarkan spesifikasi modul surya pada tabel 4.5 maka Efisiensi Modul Surya adalah :

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi Modul Surya} &= \frac{\frac{365 \text{ (W)}}{1,755 \text{ m} \times 1,038 \text{ m}}}{1000 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2}\right)} \times 100\% \\ &= \frac{200,363 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2}\right)}{1000 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2}\right)} \times 100\% \\ &= 0,200 \times 100\% \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi Modul Surya} = 20 \%$$

Sehingga luas area yang efektif adalah :

$$\text{Area (m}^2\text{)} = \frac{22 \text{ kWp}}{0,2} = 110 \text{ m}^2$$

111,625 m² merupakan luas area modul surya, tanpa memperhitungkan jarak antar rangkaian modul surya untuk instalasi, perawatan, pagar dan lain-lain, untuk mengakomodir komponen tersebut maka luas area efektif dikalikan dua sehingga total luas area yang dibutuhkan adalah :

$$\text{Luas Area yang dibutuhkan} = 110 \times 2 = 220 \text{ m}^2$$

Sehingga luas area yang dibutuhkan dalam pemasangan adalah sebesar 220 m².

4. Jumlah Modul

Untuk menentukan Jumlah modul yang dibutuhkan dalam perencanaan ini dapat dihitung dengan menggunakan formulasi berikut ini:

$$\text{Jumlah Modul} = \frac{\text{Daya Puncak Modul (Wp)}}{\text{Daya per Modul (Wp)}}$$

$$\text{Jumlah Modul} = \frac{220}{365} = 60,27$$

Dengan mempertimbangkan faktor cuaca yang tidak dapat diprediksi maka perhitungan tersebut dapat memperhitungkan cadangan energi dengan memperbesar kapasitas daya dengan menambahkan 20%-30% dari jumlah modul surya. Sehingga total jumlah modul surya yang dibutuhkan adalah :

$$\text{Jumlah Modul} = 60,27 + (0,2 \times 60,27)$$

$$\text{Jumlah Modul} = 60,27 + 12,05 = 72,32 \approx 72$$

Jumlah modul yang dibutuhkan adalah sebanyak 72 buah, dengan kapasitas total *PV Array* yaitu :

$$P_{PV\text{Array}} = \text{Jumlah Modul} \times \text{Daya per Modul PV}$$

$$= 72 \times 365 \text{ Wp}$$

$$P_{PV\text{Array}} = 26.280 \text{ Wp}$$

Dengan demikian Kapasitas *PV Array* yaitu 26.280 Wp.

Adapun rangkuman dari keseluruhan perhitungan untuk *PV sizing* yaitu sebagai berikut :

Tabel 4 Rangkuman Hasil Perhitungan *PV Sizing and Selection*

No	Uraian	Hasil Perhitungan	Satuan
1	Luas area yang dibutuhkan	220	m ²
2	Jumlah Modul	72	buah
3	Kapasitas <i>PV Array</i>	26.280	Wp

5. Kebutuhan Energi Baterai

Untuk menentukan kebutuhan energi baterai data yang dibutuhkan adalah jumlah hari otonomi. Jumlah hari otonomi ditentukan berdasarkan kondisi awan, jika sering tertutup awan seperti daerah pegunungan maka jumlah hari otonomi yang adalah 3 hari. Dalam penelitian ini jumlah hari otonomi yang digunakan yaitu 2 hari karena merupakan daerah pesisir. Adapun perhitungan kebutuhan energi baterai adalah :

$$\text{Kebutuhan Energi Baterai} = \text{Total energi harian} \times \text{Hari Otonom}$$

$$\text{Kebutuhan Energi Baterai} = 97.000 \times 2 = 194.000 \text{ Wh}$$

Sehingga 194.000 Wh atau 194 kWh adalah merupakan besaran energi yang akan diambil dari baterai.

6. Kapasitas Daya Beban Maksimum (W_{maks}).

Berdasarkan tabel 4.4 profil beban harian dan beban puncak, maka total beban maksimum yang terjadi di malam hari yaitu sebesar 10.381 Watt.

7. Memilih Inverter

Pemilihan inverter dilakukan dengan mempertimbangkan daya yang dibutuhkan dilakukan dengan menggunakan formulasi sebagai berikut:

$$\text{Kapasitas Inverter} = W_{\text{maks}} + (25\% \times W_{\text{maks}})$$

dimana nilai 25% diperuntukan sebagai daya cadangan. Dengan formulasi tersebut perhitungan kapasitas inverter adalah:

$$\text{Kapasitas Inverter} = 10.381 + (25\% \times 10.381)$$

$$= 10.381 + (25\% \times 10.381)$$

$$= 10.381 + (2.595,25)$$

$$\text{Kapasitas Inverter} = 12.976,25 \text{ Watt}$$

Nilai ini menyesuaikan dengan kapasitas inverter yang ada di pasaran.

Dalam perancangan ini menggunakan inverter dengan kapasitas 1500 VA, 1200 W dan Tegangan 48 Vdc.

8. Menentukan Jumlah Baterai

Untuk menentukan jumlah baterai yang digunakan maka diperlukan data sebagai berikut :

- a. Tegangan Kerja Sistem (Vdc)
- b. Tegangan Kerja Unit Baterai (Vdc)
- c. Kebutuhan energi baterai (Wh)
- d. Ampere Hour Baterai
- e. Deep of Discharge (DoD)

Berdasarkan data tersebut ditentukan bahwa :

- a. Tegangan Kerja Sistem = 48 Vdc
- b. Tegangan Kerja Unit Baterai = 12 Vdc
- c. Kebutuhan energi baterai berdasarkan hasil hitung yaitu sebesar 192.000 Wh
- d. Ampere Hour Baterai dipilih 200 Ah
- e. *Deep of Discharge* (DoD) adalah 80%

Dengan data tersebut maka dapat dihitung:

1. Jumlah baterai yang terhubung seri

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Seri Baterai} &= \frac{\text{tegangan kerja sistem (vdc)}}{\text{tegangan kerja unit baterai (vdc)}} \\ &= \frac{48 \text{ Vdc}}{12 \text{ Vdc}} \end{aligned}$$

Jumlah Seri Baterai = 4 buah

Berdasarkan perhitungan ini maka jumlah baterai yang diserikan berjumlah 4 buah.

2. Jumlah Baterai Yang Terhubung paralel

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Paralel Batt} &= \frac{\text{kebutuhan energi dari baterai (wh)}}{\text{tegangan kerja sistem (vdc) x Ah baterai x DOD}} \\ &= \frac{194.000 \text{ Wh}}{48 \text{ Vdc} \times 200 \text{ Ah} \times 0,8} \\ &= \frac{194.000 \text{ Wh}}{7.680} \end{aligned}$$

Jumlah Paralel Batt = 25.26 ≈ 26 (dibulatkan ke bawah)

Berdasarkan perhitungan diatas maka jumlah baterai yang terhubung paralel yaitu 26, sehingga total jumlah baterai yang dibutuhkan adalah :

Total Jumlah Baterai = 4 Seri x 26 Paralel = 104 Buah baterai

Jadi baterai yang digunakan yaitu sebanyak 104 buah.

9. Perhitungan Kapasitas Daya dan SCC

Ditentukan :

1. Daya Puncak = 22 kWp atau 22.000 Wp
2. Tegangan Kerja Sistem = 48 Vdc
3. Kapasitas arus SCC

Total arus SCC adalah:

$$I_{SCC} = \frac{\text{Daya Puncak}}{\text{Tegangan Sistem}} = \frac{22.000}{48} = 458,333 \text{ Ampere}$$

Total Arus SCC adalah sebesar 458,333 A. Nilai ini kemudian dibulatkan menjadi 458 A dengan mempertimbangkan ketersediaan SCC di pasaran.

4. Jumlah SCC yang dibutuhkan adalah :

$$\text{Jumlah SCC} = \frac{\text{Arus SCC}}{\text{Kapasitas arus yg dipilih}} = \frac{458}{100} = 4,58 \approx 5 \text{ Buah}$$

5. Daya SCC adalah:

$$\text{Daya SCC} = \frac{22.000}{5} = 4.400 \text{ Watt}$$

Tabel 5. Rangkuman Rancangan PLTS Off-Grid RumahKebun

Komponen	Parameter	Nilai	Unit
Modul Surya	DayaPuncak	22	kWp
	Luas Area Efektif	220	m ²
	Kapasitasdipilih	365	Wp
	Jumlah	72	Buah
Baterai	Hari Otonom	2	Hari
	Kapasitas	194.000	Wh
	Tegangan	48	Vdc
	Ampere Hour (AH)	1000	AH
	DoD	80	%
	Jumlah	104	Buah
Inverter	Kapasitas	1200	Watt
SCC	Jumlah	5	Buah
	Kapasitas	4.400	Watt

4. KESIMPULAN

Dari hasil perencanaan pembangkit listrik tenaga surya off grid dapat disimpulkan bahwa total kebutuhan energi di Desa Tolonuo Selatan adalah sebesar 97.000 kWh/hari dan beban puncak yang terjadi pada jam 18:00 WIT – 00:00 WIT yaitu sebesar 2.780 dan rata-rata radiasi matahari tahunan di Desa Tolonuo Selatan adalah 5,89 kWh/m²/hari.

UcapanTerimaKasih

Penulis mengucapkan Terima Kasih dan Penghargaan setinggi-tingginya kepada Fakultas Teknik yang telah membiayai penelitian ini.

References

- [1] Abdul Kodir Al Bahar & Achmad Teguh Maulana, 2018, Perencanaan Dan Simulasi Sistem PLTS Off Grid Untuk Penerangan Gedung Fakultas Teknik UNKRIS. vol. 6, H 97-107
- [2] Andika Cahya Utama, 2019 Analisa Perbandingan Daya Output PLTS Menggunakan Pantulan Cahaya Kaca Cermin Dan Cahaya Matahari Langsung, H 1-55.
- [3] Bagus Ramadhani, 2018, Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts H 1- 227) Bachtiar & Syafik, 2016, Rancangan Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Skala Rumah Tangga Menggunakan Software Homer Untuk Masyarakat Kelurahan Pulau Terong Kecamatan Belakang Padang Kota Batam.
- [4] BPS Kab. Halmahera Selatan, 2016 Halmahera Selatan Dalam Angka, Hal 1-410 Hari Satryawan, 2018, Perancangan Solar Home system Di Daerah Terpencil Nusa Tenggara Barat, H 1-15.
- [5] Hasnawia Hasan, 2012 Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Pulau Saugijurnal Ris.et Dan Teknologi Kelautan (JRTK) vol 10. H 169-180)
- [6] Mahmud Idris, 2019 Rancang Panel Surya Untuk Instalasi Penerangan Rumah Sederhana Daya 900 watt. Jurnal Elektronika, listrik dan teknologi terpan v 1 H 17-22.
- [7] Muhammda Naim, 2017 Rancangan Sistem Kelistrikan PLTS Off Grid 1000 WATT Di Desa Mahalona kecamatan Towuti Jurnal, Ilmia teknik mesin.vol 9 n 1 H 27-32.
- [8] Nino Wananda, 2019, Anlisa Perbandingan Optimasi Pengisian Daya Baterai (ACCU) Pada PLTB. Dan PLTS menggunakan Solar Charger Controler Tipe PWM Dan MPPT,H 1-77.
- [9] Sinaga Hamdani 2018 Studi perencanaan pembangunan pembangkit listrik tenaga surya studi kasus : Samosir.Jurnal Depertemen teknik elektro, H 1-62.