

Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 54 kWP *Off Grid* Pulau Rani Desa Yamnaisu

Erwin Yusuf¹, Jakariya^{2*}

^{1,2}Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung, Bandung, Indonesia

Email: ¹erwin.yusuf@polban.ac.id, ^{2*}jakariya@polban.ac.id

(* : coresponding author)

Abstrak – Penelitian ini membahas perencanaan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *off-grid* berkapasitas 54 kWP di Pulau Rani, Desa Yamnaisu, Kabupaten Supiori, Papua, yang merupakan wilayah terpencil dengan akses terbatas terhadap jaringan listrik PLN. Perencanaan dilakukan dengan pendekatan rekayasa teknik, meliputi survei beban listrik, potensi iradiasi matahari, serta spesifikasi teknis panel surya dan komponen pendukung. Berdasarkan data konsumsi harian sebesar 199.394 Wh dan potensi energi surya sebesar 3.707 kWh/kWP/hari, sistem ini dirancang menggunakan 270 unit modul PV, 216 unit baterai VRLA, 18 unit *Solar Charge Controller* (SCC), dan 3 unit *inverter*. Simulasi menggunakan perangkat lunak menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan energi tahunan sebesar 134 MWh, yang setara dengan pengurangan 63,9 ton emisi karbon. *Site plan* dan *single line diagram* menunjukkan konfigurasi efisien dan aman bagi daerah dengan tantangan geografis. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan PLTS *off-grid* merupakan solusi efektif untuk elektrifikasi wilayah terpencil sekaligus mendukung target bauran energi terbarukan Nasional.

Kata Kunci: PLTS *Off-Grid*, Pulau Rani, Energi Terbarukan, Simulasi, Elektrifikasi Daerah Terpencil

Abstract – This study presents the design of a 54 kWp *off-grid* Solar Power Plant (SPP) in Rani Island, Yamnaisu Village, Supiori Regency, Papua—an isolated region with limited access to the PLN electricity grid. The planning approach involved engineering design methods, including field surveys of electricity demand, solar irradiation potential, and technical specifications of solar panels and supporting components. Based on a daily energy demand of 199,394 Wh and a local solar potential of 3.707 kWh/kWP/day, the system was designed using 270 PV modules, 216 VRLA battery units, 18 Solar Charge Controllers (SCC), and 3 inverters. A performance simulation using PVsyst software showed an estimated annual energy production of 134 MWh, equivalent to a reduction of 63.9 tons of CO₂ emissions. The site plan and single line diagram demonstrate an efficient and secure configuration for areas with geographic challenges. The results confirm that the implementation of an *off-grid* SPP is an effective solution for rural electrification while contributing to the achievement of national renewable energy targets.

Keywords: *Off-Grid SPP, Rani Island, Renewable Energy, Simulation, Rural Electrification*

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki aset jaringan energi listrik hanya tersedia di Kabupaten-Kota besar atau daerah dengan tingkat kepadatan penduduk relatif tinggi dan tidak jauh dari akses transportasi publik. Sedangkan penduduk yang tinggal di daerah terpencil dan pelosok atau yang tersebar di pulau kecil yang jauh dari akses transportasi publik belum terjamah oleh jaringan listrik. Akses dan mobilisasi ke lokasi yang kompleks menjadikan biaya investasi pengembangan jaringan listrik atau konstruksi pembangkit listrik konvensional menjadi bernilai besar, ditambah lagi biaya operasional dan perbaikan yang tidak sedikit akibat sulitnya transportasi menuju lokasi (Priharti et al., 2019).

Berdasarkan data laporan rasio elektrifikasi di Indonesia dari Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral pada bulan Juni 2017, rasio elektrifikasi di Indonesia mencapai 92.80%. Data tersebut masih terdapat sekitar 5,87 juta kepala keluarga di Indonesia yang belum mendapatkan fasilitas energi listrik dari jaringan listrik PLN. Selain persoalan elektrifikasi di daerah terpencil yang belum mendapatkan fasilitas energi listrik oleh PLN, Pemerintah Indonesia melalui Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) telah menargetkan bauran energi baru terbarukan (EBT) sebesar 23% hingga tahun 2025 mendatang. Saat ini jumlah bauran EBT Indonesia baru mencapai angka 12,5% pada tahun 2017, sedangkan rasio kontribusi EBT hanya bertambah 2% dalam 3 tahun terakhir. Jumlah ini tergolong masih sangat kecil mengingat tahun 2025 hanya beberapa tahun lagi (Al Hakim et al., 2021).

Pemanfaatan energi terbarukan penting untuk menjaga ketahanan energi di masa mendatang. Pemanfaatan energi terbarukan dapat mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil, menggantinya dengan sumber energi di alam yang tidak habis seperti: air, matahari, angin, laut, sampah, hingga biofuel (Kastawan et al., 2024).

Desa Yamnaisu merupakan desa yang terletak di Distrik Kepulauan Aruri, Kabupaten Supiori, Provinsi Papua. Desa ini berada di wilayah pesisir yang aksesnya masih sangat bergantung pada jalur laut dan darat. Secara geografis, Yamnaisu berada pada koordinat -0.9495 Lintang Selatan dan 135.4974 Bujur Timur, dengan elevasi sekitar 1 meter di atas permukaan laut. Desa ini termasuk dalam kawasan timur Indonesia yang berada di zona waktu WIT (Waktu Indonesia Timur). Pulau Rani, yang terletak di kawasan timur Indonesia dalam wilayah Kabupaten Supiori, Provinsi Papua, memiliki potensi energi surya yang sangat baik. Berdasarkan data dari *Global Solar Atlas*, nilai rata-rata *Global Horizontal Irradiance* (GHI) atau iradiasi matahari global harian di kawasan ini mencapai sekitar 4,8 kilowatt-jam per meter persegi per hari ($\text{kWh/m}^2/\text{hari}$). Dalam skala tahunan, nilai ini setara dengan sekitar 1.750 hingga 2.000 $\text{kWh/m}^2/\text{tahun}$ (Wasono et al., 2024).

Nilai GHI tersebut menempatkan Pulau Rani dalam kategori daerah dengan potensi energi surya yang tinggi di Indonesia. Kondisi geografis yang berada di jalur ekuator memberikan keuntungan tersendiri, yaitu paparan sinar matahari yang merata sepanjang tahun dengan fluktuasi musiman yang relatif kecil. Hal ini membuat sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang dibangun di wilayah ini memiliki produktivitas yang stabil dan efisien.

Pulau Rani terletak di wilayah selatan Kabupaten Supiori. Akses ke Pulau Rani hanya bisa ditempuh dengan menggunakan transportasi laut seperti perahu motor. Jarak tempuh terdekat dari Kabupaten Supiori menuju Pulau Rani yakni melalui pelabuhan Korido dengan jarak 18 km selama 30 menit. Karena masih minimnya infrastruktur dan akses yang cukup sulit maka pembangunan jaringan tenaga listrik Pulau Rani masih minim. Oleh karena itu pembangunan PLTS dengan jenis *offgrid* dengan baterai merupakan solusi untuk kebutuhan listrik masyarakat pulau rani dibandingkan dengan penggunaan seperti *generator Set* eksisting di pulau Rani yang tidak berfungsi dengan baik terkendala bahan bakar dan biaya pemeliharaan yang cukup tinggi (Indonesia Minister of Energy and Mineral Resources, 2017).

2. METODE

2.1 Pendahuluan

Dalam merencanakan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) metode yang digunakan yaitu rekayasa atau perancangan teknik. Metode ini di mulai dengan pengumpulan data pendukung seperti beban listrik masyarakat, potensi radiasi matahari di lokasi, serta spesifikasi teknis dari panel surya dan *inverter* yang dapat digunakan (Windarta et al., 2023). Data awal tersebut dapat menjadi dasar dalam menentukan jumlah dan jenis panel surya yang diperlukan, kapasitas serta tegangan *inverter*, luas lahan instalasi, orientasi dan sudut kemiringan panel, serta estimasi energi listrik yang dapat dihasilkan (Azizah & Purbawanto, 2021).

Tahapan perencanaan dimulai dengan pengumpulan data langsung melalui survei lapangan pada tahap perencanaan, kemudian dilanjutkan dengan proses perancangan sistem secara manual. Selanjutnya, dilakukan simulasi kinerja sistem menggunakan perangkat lunak *PVsys* untuk memperoleh pendekatan hasil perencanaan yang optimal dan realistis (Jakariya, Jakariya, Bella Eliana, Dibyo Setiawan, 2024).



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2. Studi Literatur

Referensi mengenai perancangan PLTS ini mengacu pada data yang berkaitan tentang penggunaan energi terbarukan, khususnya penerapan energi surya yang mencakup perhitungan sudut optimal matahari terhadap panel surya, analisis mengenai kondisi yang sesuai untuk daerah pemasangan, serta pemilihan material panel surya seperti *thin-film solar cells*, *polycrystalline silicon*, dan *monocrystalline* (Suweni Muntini et al., 2024). Dalam perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), digunakan persamaan matematis untuk menghitung kebutuhan daya, jumlah panel, dan jumlah baterai. Selain itu, data satelit dimanfaatkan untuk memperoleh informasi iklim lokal, seperti temperatur dan potensi radiasi matahari di wilayah Pulau Rani (Priharti et al., 2019).

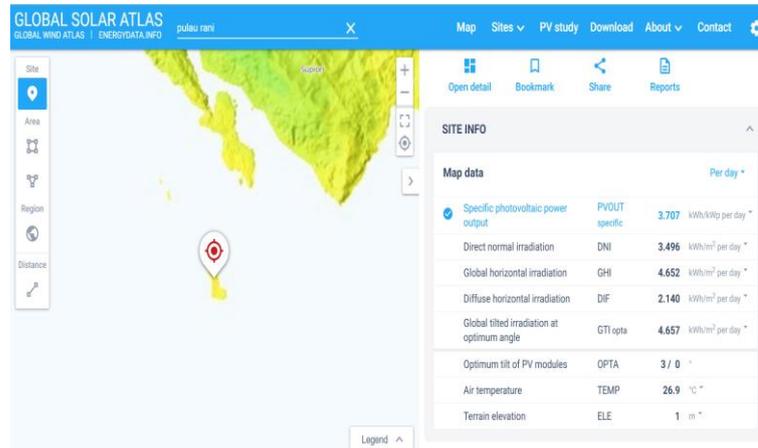
2.3. Observasi Lapangan

PLTS Rani terletak di Desa Yamnaisu, sebuah wilayah kecil yang berada di Pulau Rani, bagian dari Kecamatan Kepulauan Aruri, Kabupaten Supiori, Provinsi Papua. Wilayah ini merupakan salah satu dari sembilan desa yang tersebar di kecamatan tersebut. Secara geografis, Pulau Rani berada pada koordinat $0^{\circ} 57' 18.545''$ Lintang Selatan dan $135^{\circ} 30' 1.636''$ Bujur Timur, menjadikannya bagian dari gugus kepulauan yang terpencil namun strategis di kawasan timur Indonesia (Harahap et al., 2022).

Kabupaten Supiori sendiri merupakan kabupaten pemekaran dari Kabupaten Biak Numfor yang resmi dibentuk melalui Undang-Undang Nomor 35 Tahun 2003. Luas wilayah mencapai $634,24 \text{ km}^2$, Kabupaten ini terletak di antara $134^{\circ} 67'$ hingga $136^{\circ} 48'$ Bujur Timur dan $0^{\circ} 55'$ hingga $1^{\circ} 31'$ Lintang Selatan. Letaknya yang dikelilingi oleh perairan — Samudera Pasifik di utara, Selat Yapen di selatan, Kabupaten Biak Numfor di timur, dan Selat Aruri di barat — menjadikan wilayah ini memiliki karakteristik kepulauan yang khas (Ode et al., n.d.).

Secara administratif, Kabupaten Supiori terbagi menjadi lima kecamatan, yaitu Supiori Selatan, Supiori Utara, Supiori Barat, Supiori Timur, dan Kepulauan Aruri. Kecamatan Kepulauan Aruri, tempat PLTS Rani berada, memiliki batas wilayah yang meliputi Laut Aruri di bagian selatan

dan barat, serta berbatasan langsung dengan Kecamatan Supiori Utara dan Supiori Selatan di sisi utara dan timur. Kecamatan ini juga mencakup dua gugus pulau utama, yakni Gugus Bepondi dan Gugus Sowek. Pulau Rani sendiri merupakan bagian dari Gugus Sowek, bersama dengan Pulau Insumbabi, Teluk Korido, Pulau Aruri, dan beberapa pulau kecil lainnya (Nainggolan et al., 2022).



Gambar 2. Potensi Energi Surya Berdasarkan Global Solar Atlas

Berdasarkan pemetaan yang dilakukan global solar atlas pulau rani memiliki potensi untuk menghasilkan energi listrik sebesar 3.707 kWh/kWp per hari dengan sudut kemiringan optimal sebesar 3° (Dedi Tri Laksono1*, Nofri Dodi2, Rien Afrianti3, 2024).

2.4 Konsumsi Daya

PLTS Terpusat Pulau Rani direncanakan untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat dua dusun, yang meliputi:

- Rumah penduduk : 114 rumah;
- Sekolah : 1 unit;
- Gereja : 3 unit;
- Balai Desa : 1 unit;
- Puskesmas pembantu : 1 unit;
- Resort : 4 unit;
- Penerangan jalan umum : 66 lampu.

Sesuai dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 3 Tahun 2017, kebutuhan utama listrik masyarakat yang dilayani oleh PLTS untuk penerangan rumah dan fasilitas umum memiliki batasan sebagai berikut:

- Energi per rumah sebesar 1600 Wh/hari;
- Energi untuk tiap sekolah sebesar 2000 Wh/hari;
- Energi setiap gereja masing-masing sebesar 2500 Wh/hari;
- Energi setiap puskesmas pembantu sebesar 3200 Wh/hari;
- Energi setiap balai desa sebesar 3000 Wh/hari;
- Energi untuk tiap *resort* masing-masing sebesar 11200 Wh/hari;
- Penerangan Jalan Umum (PJU) sebesar 560 Wh/hari per unit lampu PJU;
- Cadangan energi sebesar 15% untuk tambahan sambungan rumah dan penurunan kinerja peralatan PLTS (derating);

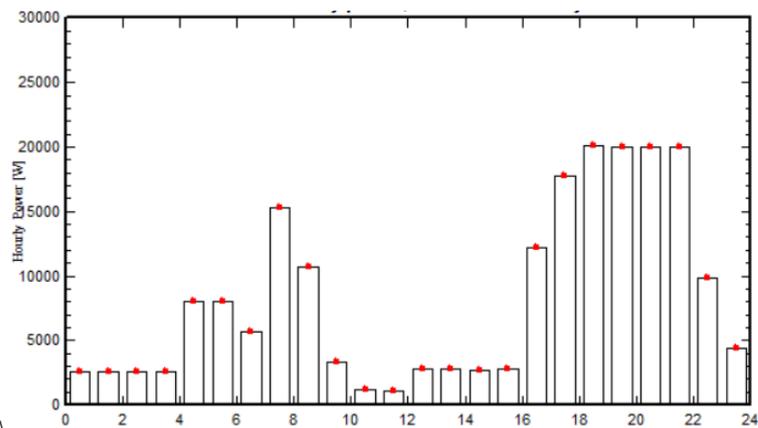
i. Rugi-rugi sistem sebesar 5%.

Mengenai durasi pemakaian dapat disesuaikan dengan tabel dibawah ini, berdasarkan parameter jenis beban dan energinya, maka diperoleh rencana kebutuhan energi harian pada PLTS Rani dengan rincian sebagai berikut:

Tabel. 1 Kebutuhan Energi Pulau Rani

No	Beban	Jumlah	Kebutuhan Energi per Unit (Wh)	Total Kebutuhan Energi (Wh)
1	Rumah	114	980	111.355
2	Sekolah	1	600	480
3	Gereja	3	906	2718
4	Puskesmas	1	1056	936
5	Balai Desa	1	1896	1896
6	Lampu PJU	66	360	23.760
7	Resort	4	8736	23.984
Sub Total				175.489
Cadangan energi 25%				26.323
Subtotal + cadangan				201.813
Rugi-rugi				10.091
Total				199.394

Berdasarkan tabel 1 dengan data tersebut maka dapat dibuatkan perkiraan kurva beban di pulau rani sebagaimana berikut.



Gambar 3. Perkiraan Kurva Beban

Dari tabel dan gambar diatas, energi yang dibutuhkan oleh PLTS Rani sebesar 199.394 Wh/hari. Maksimum beban terpasang sebesar 17.342kW dan dengan memperhatikan *reserve margin* sebesar 15% dan rugi sistem sebesar 5%, maka beban puncak sebesar 20.130W pada pukul 18.00 sampai pukul 21.00 WIT.

2.5 Analisa Kebutuhan Pemasangan Panel Surya

Kapasitas modul surya dihitung berdasarkan:

Data :

- a. Kebutuhan energi harian = 199.394 Wh/hari
- b. Iridiasi rata-rata harian setempat = 3,687kWh/m²
- c. Efisiensi modul surya = 16%
- d. Daya output modul = 200Wp

Perhitungan :

- e. Daya puncak modul surya = $kWh / (Iradiasi Rata - Rata Harian)$ (1)
 = 199.394 / 3,683
 = 54kWp,
- f. Area efektif yang dibutuhkan = $kWp / (Efisiensi Modul Surya)$ (2)
 = 54kWp / 16%
 = 338 m²

Wilayah efektif ini merupakan luas wilayah modul tanpa menghitung jarak antara rangkaian modul surya untuk instalasi dan perawatan, jarak antar pagar dan lain-lain. Dalam rangka mengakomodasi seluruh komponen tersebut maka hasil perhitungan di atas perlu di kali dua (x2).

- g. Area Total minimal = $Area\ efektif \times 2$ (3)
 = 676 m²
- h. Jumlah Modul = $(Daya\ Puncak\ modul) / (Daya\ Output\ Modul)$ (4)
 = 54.000 Wp / 200 Wp
 = 270 unit

2.6 Perhitungan Kebutuhan Baterai

Setelah mendapatkan jumlah modul surya yang digunakan, maka selanjut nya menghitung kebutuhan kapasitas baterai. Data yang diperlukan adalah jumlah hari otonomi, yang ditentukan berdasarkan kondisi awan di daerah setempat (Yusuf Yunus et al., 2022). Jika daerah tersebut sering tertutup awan (biasanya di daerah pegunungan), maka disarankan untuk menggunakan 3 hari otonomi dalam perhitungan. Jika daerah tersebut relatif cerah sepanjang tahun, maka jumlah hari otonomi cukup 1 sampai 2 hari. Selain itu, tegangan DC juga diperlukan spesifikasi dari baterai.

Data

- a. Kebutuhan energi harian total = 199.394 Wh/hari
- b. Jumlah hari otonomi = 1.7 hari
- c. Tegangan System (Vdc) = 48V;
- d. Kapasitas baterai (satuan) = 1000 Ah, 2V;
- e. Kemampuan *cycling* minimal = 2200 cycle pada 80% DOD (*deep of discharge*).
- f. Baterai kering (OpzV) *Valve Regulated Lead Acid* (VRLA) atau jenis *Zinc Air/ Lithium-Ion tipe deep cycle*.

Sehingga didapatkan untuk kebutuhan energi baterai:

- Kebutuhan Energi Baterai = $Kebutuhan\ Energi\ Harian\ Total \times Hari\ Otonom$ (5)
 = 199.394 Wh/hari x 1,7 hari
 = 338.969 Wh

Kebutuhan baterai :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Baterai seri} &= \frac{(\text{Tegangan Kerja Sistem})}{(\text{Tegangan Kerja Unit baterai})} & (6) \\ &= 48\text{Vdc} / 2\text{Vdc} \\ &= 24 \text{ unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyusunan Sistem Paralel} &= \text{Kebutuhan energi harian total} / (\text{Vdc unit batt} \times \text{tegangan kerja sistem} \times \text{Ah baterai} \times \text{DOD}) & (7) \\ &= 199.394 / (48 \times 1000 \times 0.8) \\ &\approx 9 \text{ baris susuan baterai paralel} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baterai} &= \text{Baterai seri} \times \text{baterai paralel} & (8) \\ &= 24 \times 9 \\ &= 216 \text{ unit} \end{aligned}$$

2.7 Perhitungan Kebutuhan Inverter

Inverter digunakan untuk mengkonversikan daya DC menjadi daya AC yang akan ditransmisikan melalui jaringan distribusi. Kapasitas dan jumlah unit *inverter* ini dihitung berdasarkan:

Data

- a. Kapasitas Daya Beban Maksimum (Beban Puncak) = 17.342 watt
- b. Spesifikasi Daya Inverter = 6.800 watt
- c. Reserve Margin = 15%

Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Inverter (VA)} &= \text{Beban Puncak} + (\text{Beban Puncak} + \text{Reserve Margin}) & (9) \\ &= 17.342 + (17.342 \times 15\%) \\ &\approx 20.000\text{VA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Unit Inverter} &= \text{Kapasitas Inverter} / \text{Spesifikasi Daya Inverter} & (10) \\ &= 20.000\text{VA} / 6.800 \text{ watt} \\ &\approx 3 \text{ Unit} \end{aligned}$$

2.8 Perhitungan Kebutuhan Solar Charge Controller

Perhitungan kapasitas daya dan arus *Solar Charge Controller* didapat dari:

Data

- a. Daya Puncak Modul Surya = 54.000 Wp
- b. Vdc Sistem = 48 Volt
- c. Dipilih SCC dengan kapasitas arus = 67 Amper/unit

Maka didapat :

$$\begin{aligned} \text{Total Arus SCC} &= \text{Daya} / \text{Vdc Sistem} & (11) \\ &= 54.000 / 48 \\ &= 1.199 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah SCC yang dibutuhkan} = \text{Total arus SCC} / \text{Kapasitas Arus SCC} \quad (12)$$

$$= 1.199 / 67$$

$$\approx 18 \text{ Unit}$$

$$\text{Kapasitas Daya per-SCC} = \text{Daya} / \text{Jumlah SCC} \quad (13)$$

$$= 54.000 / 18$$

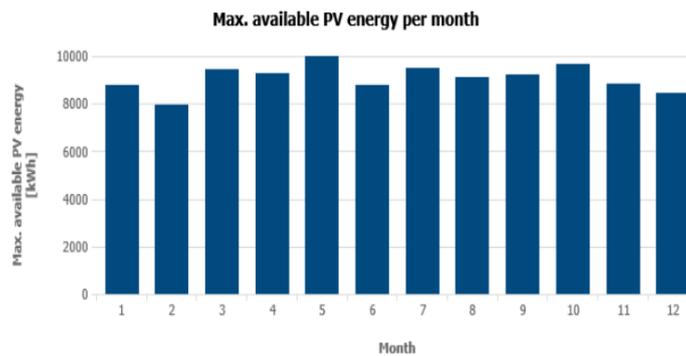
$$= 3.2 \text{ kW atau lebih besar}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan perhitungan dan pengumpulan data mengenai perancangan PLTS 54 kW dipulau rani data tersebut divalidasi menggunakan pendekatan perhitungan energi & pemakaian dengan tujuan untuk melihat kinerja keseluruhan dan berikut penjelasannya.

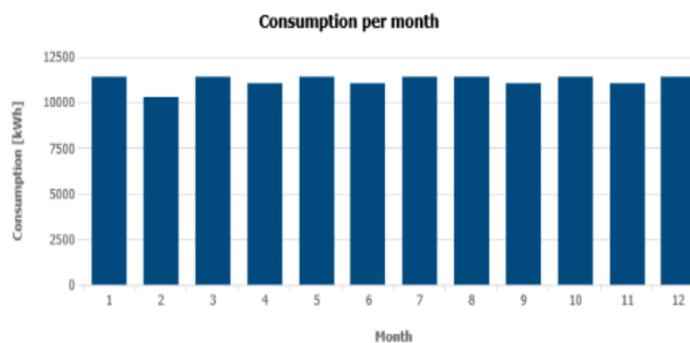
3.1 Simulasi Pemanfaatan PLTS Rani

PLTS Rani yang telah ditentukan komponen-komponennya kemudian disimulasikan untuk mengetahui estimasi energi yang mampu dihasilkan oleh panel surya. Simulasi menggunakan perangkat lunak khusus *solar panel*. Berdasarkan hasil simulasi tersebut, didapatkan hasil sebagai berikut.



Gambar Error! No text of specified style in document.. Energi Maksimal yang Mampu Dihasilkan Panel Surya

Berdasarkan hasil simulasi, energi maksimal yang mampu dihasilkan oleh panel surya mencapai 10000 kWh, dengan nilai terendah 8000 kWh. Sehingga, energi yang dapat dimanfaatkan selama satu tahun mencapai 134.000 kWh atau 134 MWh. Pemanfaatan energi sebanyak 134 MWh selama satu tahun ini setara dengan pengurangan 63,9 Tons emisi karbon dioksida (CO₂), pengurangan 64.136 pounds pembakaran batu bara, dan setara penanaman 958 pohon yang telah berusia 10 tahun. Panel surya akan beroperasi maksimal di bulan Mei, yakni pada musim kemarau dan akan beroperasi minimum pada bulan Februari, yakni pada musim penghujan. Sementara itu, tingkat konsumsi energi dari panel surya berada pada rentang 10.000 – 12.500 kWh.



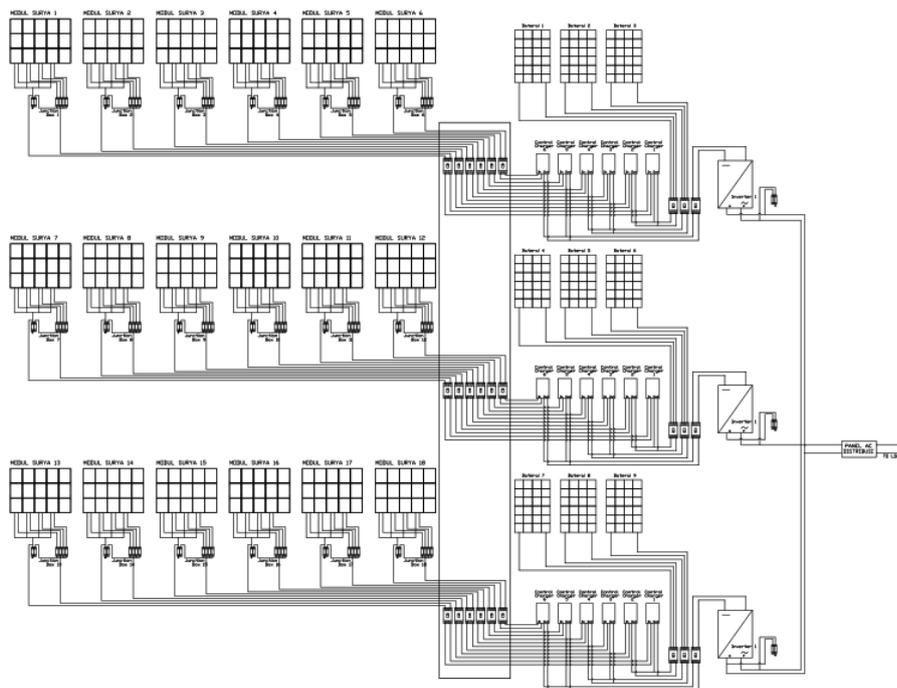
Gambar 5. Konsumsi Energi Setiap Bulan

3.2 Single Line Diagram PLTS Pulau Rani

Diagram satu garis sistem PLTS Rani ditunjukkan pada Gambar 6, yang memperlihatkan konfigurasi terintegrasi dari seluruh komponen utama sistem, mulai dari modul fotovoltaik (PV) hingga ke panel distribusi AC. Sistem ini dirancang dengan 270 unit modul PV yang dikonfigurasi menjadi 18 *string*, di mana setiap string terdiri atas 15 modul yang disusun dalam formasi 3 seri \times 5 paralel (Jakariya et al., 2023).

Masing-masing dari 18 *string* PV dihubungkan ke *solar charge controller* (SCC) melalui *combiner box* yang dilengkapi dengan pengaman berupa sekering dan pemutus arus. SCC berfungsi untuk mengatur pengisian daya ke *bank* baterai serta menjaga kestabilan tegangan *input* dan *output*. Energi yang dihasilkan panel surya digunakan untuk mengisi 216 unit baterai, yang dikonfigurasi dalam 24 seri \times 9 paralel, memastikan kapasitas penyimpanan energi yang cukup untuk suplai beban selama periode non-produktif (malam atau cuaca buruk).

Energi DC dari baterai kemudian dikonversi menjadi AC melalui *inverter*, yang selanjutnya disalurkan ke panel distribusi AC untuk memenuhi kebutuhan listrik beban akhir. Konfigurasi ini menunjukkan sistem PLTS *off-grid* yang andal dan dirancang untuk kontinuitas suplai energi di wilayah terpencil seperti Pulau Rani (Priharti et al., 2019).



Gambar 6. Single Line Diagram PLTS Pulau Rani

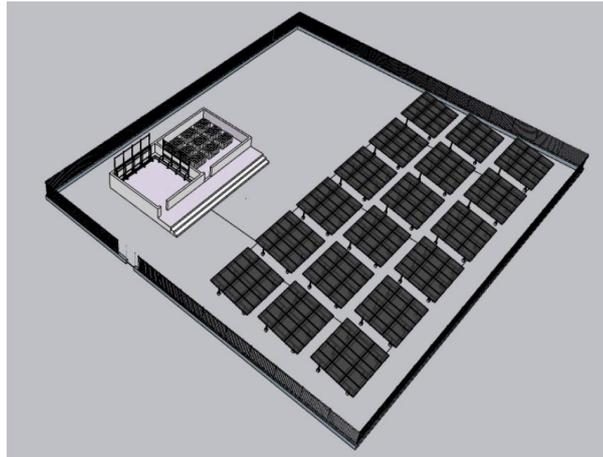
3.3 Site Plan PLTS Pulau Rani

Gambar 7 menunjukkan representasi tiga dimensi (3D) dari denah tapak instalasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *off-grid* yang berlokasi di Pulau Rani. Instalasi ini dirancang dalam wilayah berpagar yang terorganisir dengan baik, terbagi ke dalam dua zona utama, yaitu zona panel surya dan zona *shelter* peralatan.

Pada bagian kanan gambar tampak deretan modul panel surya yang tersusun rapi dalam formasi grid. Panel-panel tersebut dipasang pada struktur rangka penyangga yang menghadap ke arah optimal untuk menangkap radiasi matahari secara maksimal. Terdapat 18 array panel yang masing-masing mewakili satu *string* PV, sesuai dengan konfigurasi sistem yang telah dirancang.

Sementara itu, di sisi kiri gambar terdapat bangunan *shelter* yang berfungsi sebagai ruang perlindungan dan tempat penyimpanan peralatan penting, seperti *battery bank*, *inverter*, *charge controller*, dan panel distribusi. *Shelter* ini dirancang dengan akses tangga dan pagar pengaman untuk menjamin keamanan peralatan dan personel operasional.

Kabel saluran penghubung terlihat mengalir dari panel surya ke *shelter*, menandakan integrasi langsung antara sumber energi dan sistem pengolahan serta distribusinya. Secara keseluruhan, desain tapak ini menunjukkan tata letak yang efisien dan fungsional untuk mendukung sistem PLTS *off-grid* dalam memenuhi kebutuhan listrik di wilayah terpencil.



Gambar 7. Site Plan PLTS Pulau Rani

4. KESIMPULAN

Perencanaan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *off-grid* di Pulau Rani, Desa Yamnaisu, merupakan solusi strategis dalam menyediakan akses listrik yang andal dan berkelanjutan di wilayah terpencil yang tidak terjangkau jaringan PLN. Berdasarkan hasil analisis teknis dan simulasi, sistem ini dirancang menggunakan 270 modul PV yang membentuk 18 string, menghasilkan daya puncak sebesar 54 kWp. Energi yang dihasilkan mampu memenuhi total kebutuhan energi harian sebesar 199.394 Wh/hari, dengan proyeksi produksi tahunan mencapai 134 MWh. Konfigurasi sistem mencakup penggunaan 216 unit baterai VRLA untuk penyimpanan energi dan tiga unit inverter dengan kapasitas total 20 kVA, serta 18 unit *Solar Charge Controller* (SCC) yang memastikan efisiensi pengisian daya. Dari simulasi kinerja, sistem ini terbukti mampu menghasilkan energi maksimal pada musim kemarau, serta menunjukkan kontribusi signifikan terhadap pengurangan emisi karbon hingga 63,9 ton CO₂ per tahun. *Site plan* dan *single line diagram* menunjukkan desain terintegrasi dan efisien, membagi zona panel surya dan shelter peralatan secara optimal. Dukungan data potensi energi surya dari *Global Solar Atlas*, perencanaan ini tidak hanya memenuhi kebutuhan dasar energi masyarakat, tetapi juga mendukung target Nasional dalam bauran energi terbarukan. Oleh karena itu, perencanaan PLTS ini dapat menjadi model replikasi bagi wilayah-wilayah terpencil lainnya di Indonesia.

REFERENCES

- Al Hakim, R. R., Pangestu, A., Jaenul, A., Sinaga, D. W., Saputra, E. Y., & Arief, Y. Z. (2021). Implementasi Plts Di Desa Pulisan, Sulawesi Utara, Indonesia Sebagai Perwujudan Program Desa Energi. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian 2021, "Penelitian Dan Pengabdian Inovatif Pada Masa Pandemi Covid-19,"* 762–767.
- Azizah, A. N., & Purbawanto, S. (2021). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (Pv Dan Mikrohidro) Terhubung Grid. *Jurnal Listrik, Instrumentasi Dan Elektronika Terapan*, 2(1), 1.
- Dedi Tri Laksono^{1*}, Nofri Dodi², Rien Afrianti³, R. S. H. (2024). *Penggunaan Energi Terbarukan PLTS untuk Efisiensi Biaya dan Keberlanjutan Usaha Bubur Bayi Shashi di Bukittinggi Utilization*. 2(3).
- Harahap, P., Adam, M., & Oktrialdi, B. (2022). Optimasi Kapasitas Rooftop Pv Off Grid Energi Surya

- Berakselerasi di Tengah Pandemi Covid-19 untuk Diimplemtasikan pada Rumah Tinggal. *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, 5(1), 31. <https://doi.org/10.24853/resistor.5.1.31-38>
- Indonesia Minister of Energy and Mineral Resources. (2017). *Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan Untuk Penyediaan Tenaga Listrik*. 189, 1–22.
- Jakariya, Jakariya, Bella Eliana, Dibyo Setiawan, R. A. (2024). *Studi Pengaruh Pembebanan Variasi Media Filtrasi Terhadap Kinerja Motor Pompa 1 Fasa Pada Sistem Pengolahan Air Bersih*. 6(2), 141–149.
- Jakariya, J., Setiawan, D., & Dewadi, F. (2023). Pemakaian Peralatan K3 (Keselamatan Kesehatan Kerja) agar Tidak Terjadinya Kecelakaan Kerja. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Indonesia*, 3(2), 281–286. <https://doi.org/10.52436/1.jpmi.1032>
- Kastawan, I. M. W., Mudawari, A., Mursanto, W. B., Melkias, A. A., & Jakariya, J. (2024). Pelatihan instalasi PLTS rumah tangga Rooftop untuk siswa dan siswi Jurusan Teknik Instalasi Tenaga Listrik SMKN 6 Bandung. *KACANEGARA Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 7(1), 101–110.
- Nainggolan, I. F., Windarta, J., & Sinaga, N. (2022). Perancangan PLTS Rooftop untuk Pemakaian Sendiri (PS) di PLTU Berau 2 × 7 MW. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 3(3), 187–200. <https://doi.org/10.14710/jebt.2022.13442>
- Ode, L., Barata, A., & Efendi, R. (n.d.). *Investigation of standalone photovoltaic-based energy harvesting : A case study in Kendari city , Southeast Sulawesi , Indonesia*. 1–7.
- Priharti, W., Kurniawan, E., & Silalahi, D. K. (2019). Penyuluhan Penggunaan Listrik dari Sumber Energi Surya Di Pesantren Al Mukarramah Kabupaten Bandung. *ETHOS (Jurnal Penelitian Dan Pengabdian)*, 7(2), 355–361. <https://doi.org/10.29313/ethos.v7i2.4743>
- Suweni Muntini, M., Putri Rahayu, L., Fatimah, I., Yuwana, L., & Indrawati, S. (2024). Implementasi Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk Peningkatan Produktivitas Budidaya Ikan dan Pertanian di Kalurahan Summersari. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 02(02), 188–199.
- Wasono, A., Karuniawan, E. A., Hardito, A., & ... (2024). Penerapan Rancang Bangun PLTS Sistem Off-Grid Sebagai Kendali Penyiraman Otomatis Berbasis PLC Pada Perkebunan Widuri di Desa Wonokerto, Kecamatan *Jurnal Pengabdian ...*, 5(2), 1985–1989.
- Windarta, J., Purnaweni, H., & Wardaya, A. Y. (2023). Pemanfaatan Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Desa Mojo Kecamatan Ulujami Kabupaten Pemalang. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 4(1), 7–14. <https://doi.org/10.14710/jebt.2023.16965>
- Yusuf Yunus, M., Nauwir, H., Emiyanti Ali, G., Pangeran Muarif, A., Nurma Yunita, C., & Aldian, A. (2022). *Rancang Bangun Plts Untuk Instalasi Pompa Air Di Pesantren Hidayatullah Tompobulu Kab. Maros*. 302–307.