

Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Off-Grid* untuk Skala Rumah Tangga

Tiris Mega Putri

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email : tiris.17050874016@mhs.unesa.ac.id

Unit Three Kartini, Joko, Raden Roro Hapsari Peni Agustin Tjahyaningtjas

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: unitthree@unesa.ac.id, joko@unesa.ac.id, hapsaripeni@unesa.ac.id

Abstrak

Pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT) seperti tenaga surya semakin penting dalam memenuhi permintaan kebutuhan energi, terutama pada daerah terpencil yang belum tersentuh jaringan listrik utama. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Off-Grid* merupakan salah satu solusi yang cocok untuk memenuhi kebutuhan listrik pada rumah sederhana di daerah tersebut. Skripsi ini menggunakan metode deskriptif yang melibatkan pengumpulan data peralatan utama sistem PLTS dan profil konsumsi energi rumah sederhana sebagai input untuk simulasi matematis. Model ini memperhitungkan faktor-faktor seperti kebutuhan energi listrik harian untuk menentukan ukuran optimal dari panel surya, baterai, dan sistem pengontrol yang diperlukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rumah dengan kebutuhan harian sebesar 11700 Wh memerlukan total 12 unit panel surya berkapasitas 250 Wh yang dibagi dan dirangkai secara seri menjadi 3 *array* dengan masing-masing *array* berisi 4 unit panel surya dan 1 unit SCC MPPT. Masing-masing *array* dihubungkan ke 6 unit baterai dengan setiap spesifikasi tegangan 24 V kapasitas 200 ah. Baterai dihubungkan ke inverter spesifikasi tegangan 48 V dengan kapasitas 3500 W sebelum didistribusikan menuju beban listrik rumah tangga. Kesimpulan dari penelitian ini adalah penggunaan data beban per-hari dan spesifikasi peralatan PLTS sangat berpengaruh pada pemodelan PLTS yang didesain guna memenuhi kebutuhan listrik rumah tangga.

Kata Kunci: PLTS, *Off-Grid*, Rumah Tangga, Pemodelan.

Abstract

Utilization of renewable energy such as solar power is increasingly crucial in meeting energy needs, particularly in remote areas without access to the main electricity grid. Off-Grid Solar Cell Systems are a suitable solution for fulfilling electricity requirements in simple homes within these regions. This thesis employs a descriptive method involving the collection of information on the main components of the Off-Grid Solar Cell Systems dan the energy consumption profile of a simple household as inputs for mathematical simulation. The model considers factors such as daily electricity consumption to determine the optimal sizing of solar panels, batteries, dan required control systems. The research findings indicate that a house with a daily demand of 11700 Wh necessitates an amount of 12 solar panels, each of it has a capacity of 250 Wh, arranged in three series-connected arrays, with each array comprising 4 solar panels dan 1 MPPT charge controller (SCC). Each array is connected to 5 batteries, each with a voltage specification of 24 V dan a capacity of 200 Ah. These batteries are connected to an inverter with a 48 V voltage specification dan a capacity of 3500 W before being distributed to household electrical loads. The conclusion can be drawn from this study is that using daily load data dan solar cell system equipment specifications significantly influences the modeling of SPGS systems designed to meet household electricity needs.

Keywords: Solar cell system, *Off-Grid*, residential, modeling.

PENDAHULUAN

Energi terbarukan, khususnya tenaga surya, telah menjadi upaya utama dalam mengurangi emisi gas rumah kaca bahkan mengurangi penggunaan pada bahan bakar yang tidak terbarukan (Farghali, dkk., 2023). Khususnya di Indonesia, dengan melimpahnya energi tenaga matahari di penjuru daerah, potensi untuk mendirikan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) semakin besar bahkan semakin diminati (Kementerian ESDM, 2019).

PLTS adalah pilihan yang sangat disarankan untuk digunakan di daerah tersebar atau bahkan terpencil, di mana terdapat banyak sinar matahari tetapi bahan bakar relatif langka dan mahal. Keuntungan utama menggunakan teknologi PLTS mencakup: ketersediaan energi berlimpah dan tidak perlu ada biaya; tidak memerlukan pemeliharaan rutin yang sering dilakukan dan dapat dilaksanakan oleh operator lokal yang sudah ahli; biaya pemeliharaan dan operasional sistem PLTS yang rendah; sumber energi yang tersedia di lokasi tanpa perlu pengangkutan; dan aspek yang ramah lingkungan

karena tanpa ada limbah berbahaya dan emisi gas (Supari Muslim, dkk., 2020).

PLTS *Off-Grid*, atau Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Off-Grid*, merujuk pada sistem pembangkit listrik tenaga surya yang beroperasi secara independen dari jaringan listrik utama atau *grid*. Sistem ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan energi di lokasi yang terisolasi atau tidak terjangkau oleh infrastruktur listrik konvensional. Dalam konteks rumah tangga, PLTS *Off-Grid* digunakan untuk menyediakan listrik bagi rumah tangga yang terletak di daerah tersebar atau di luar jangkauan jaringan listrik utama (Ariyani, dkk., 2021). PLTS *Off-Grid* terdiri dari panel surya yang berfungsi untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik, baterai sebagai penyimpanan energi, dan inverter untuk mengonversi listrik dari DC (*Direct Current*) berubah jadi AC (*Alternating Current*) yang digunakan untuk perangkat elektronik rumah tangga. Sistem ini sering kali disertai dengan kontroler pengisian baterai untuk mengatur pengisian dan penggunaan energi baterai secara optimal (Setyawan, A., dan Ulinuha A., 2022).

Meskipun keuntungan yang ditawarkan oleh PLTS *Off-Grid* pada skala rumah tangga cukup jelas, penerapannya masih dihadapkan pada sejumlah tantangan teknis, ekonomis, dan lingkungan (Utamidewi, 2023). Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang karakteristik dan pengelolaan PLTS *Off-Grid* diperlukan untuk memastikan implementasi yang efektif dan berkelanjutan dari teknologi ini.

Pemodelan yang akurat dan komprehensif dari sistem PLTS *Off-Grid* adalah salah satu aspek penting dalam pengelolaan sistem tersebut. Pemodelan ini memungkinkan perencanaan yang efisien, desain yang tepat, dan pengelolaan yang optimal dari PLTS *Off-Grid*, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kinerja sistem dan mengurangi biaya operasional (Mustaqim, 2022).

Dalam hal ini, penelitian dilakukan bertujuan untuk memperkenalkan dan memodelkan PLTS *Off-Grid* yang dapat memenuhi kebutuhan listrik rumah tangga yang memperhatikan berbagai faktor yang mempengaruhi kinerja sistem, termasuk variabilitas sumber daya surya, kapasitas penyimpanan energi, dan kedalaman sistem. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan bisa berkontribusi pada pengedukasian yang lebih baik tentang pemahaman potensi dan tantangan terkait dengan implementasi PLTS *Off-Grid* pada skala rumah tangga.

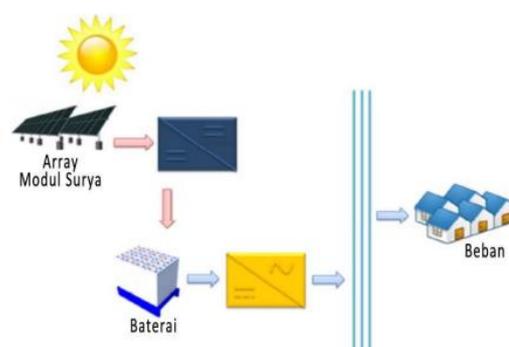
KAJIAN PUSTAKA

PLTS *Off-Grid*

Definisi dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sistem yang menghasilkan listrik dengan menyerap radiasi matahari melalui konversi sel surya.

Off-Grid merujuk pada sistem kelistrikan yang tidak terkoneksi dengan jaringan listrik nasional. Dengan demikian, PLTS *Off-Grid* adalah sistem pembangkitan listrik yang berasal dari pemanfaatan radiasi matahari dari konversi sel surya dan tidak terhubung dengan jaringan listrik nasional (Supriatna, dkk., 2022).

Terdapat dua kategori komponen dalam sistem PLTS, yaitu komponen utama dan komponen pendukung. Dalam komponen utama pada sistem PLTS adalah sel surya. Komponen pendukung yang diperlukan untuk pembangunan sistem ini mencakup baterai, SCC, dan inverter. (Juniarta, dkk., 2022).



Gambar 1. Sistem PLTS *Off-Grid*
Sumber: (Kementerian ESDM, 2019)

Pada Gambar 1 yang menjelaskan skema sistem PLTS *Off-Grid*, panel surya akan menyerap dan menggunakan energi yang dipancarkan oleh matahari. BCU (*Battery Control Unit*), yang bertanggung jawab atas pengaturan pengisian baterai yang dihasilkan dari panel surya, merupakan salah satu komponen penting lainnya dalam PLTS (Liestyowati, dkk., 2022). Peneliti dapat mengatur persentase besar dari kapasitas maksimum baterai dan meminimalkan biaya untuk memperpanjang umur pakai baterai. Energi yang disimpan kemudian akan dialirkan ke beban, yang dapat berupa beban DC atau AC. Namun, untuk beban AC, arus dan tegangan baterai harus diubah terlebih dahulu ke dalam bentuk yang sesuai oleh inverter. Inverter ini bertugas mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC, lalu disalurkan ke peralatan yang memerlukan listrik (Rajagukguk, dkk., 2023).

Panel Surya

Panel surya merupakan komponen atau alat utama yang esensial dalam pembangunan PLTS. Alat ini berfungsi untuk mengonversi energi matahari secara langsung menjadi energi listrik (Ihsan, dkk., 2023). Bahan yang umumnya digunakan untuk sel surya adalah bahan semikonduktor yang dapat berupa *silicon* (*Si*), *cadmium telluride* (*CdTe*), *gallium arsenide* (*GaAs*), atau *copper indium diselenide* (*CuInSe₂*). Sel surya kristalin biasanya dipilih untuk pembuatan panel surya. Panel surya terdiri

dari tiga jenis secara umum, yaitu monokristalin, polikristalin, dan film tipis (Yuwono, dkk., 2021).

Dalam menghadapi ketidakpastian cuaca, perhitungan jumlah modul harus mempertimbangkan cadangan energi. Cadangan energi bertujuan untuk meningkatkan keandalan PLTS. Cadangan energi dapat dicapai dengan meningkatkan kapasitas daya panel surya, yaitu dengan menambahkan sekitar 20% hingga 30% total panel surya yang dihitung, atau dengan menyiapkan pembangkit lain untuk cadangan seperti genset. Tahap pertama dalam menghitung jumlah panel yang dibutuhkan melibatkan penentuan area panel surya menggunakan Persamaan 1.

$$N_p = \frac{P_{total}}{P_{mpp} \times H} \quad (1)$$

(Sumber: Humaira J. D., 2023)

Keterangan:

N_p = jumlah panel surya (unit);
 P_{total} = total kebutuhan daya (Wh) ;
 P_{mpp} = daya maksimal yang mampu dihasilkan per panel (Wp) ;
 H = jam optimal penyinaran matahari (h);

Untuk mendapatkan arus keluaran dari panel surya menuju input SCC, panel surya dihubungkan secara seri dapat dihitung menggunakan Persamaan 2 untuk meningkatkan tegangan, atau dihubungkan secara paralel dapat dihitung menggunakan Persamaan 3 untuk meningkatkan jumlah arus.

$$\text{Modul Seri per String Max} = \frac{V_{dc\ max}}{V_{oc}} \quad (2)$$

(Sumber: Gifson, dkk., 2020)

$$\text{Modul Paralel per String Max} = \frac{I_{dc\ max}}{I_{mp}} \quad (3)$$

(Sumber: Gifson, dkk., 2020)

Keterangan:

$V_{dc\ max}$ = tegangan maksimal DC pada SCC (V);
 V_{oc} = tegangan *open circuit* panel surya (V);
 $I_{dc\ max}$ = arus maksimal DC pada SCC (A);
 I_{mp} = arus *open circuit* panel surya (A);

Solar Charge Controller (SCC)

SCC mengatur proses pengisian baterai untuk mencegah *overcharging* dan tegangan berlebih dari panel surya, yang dapat mengurangi umur pemakaian baterai. Dengan mengatur tegangan dan pengisian, SCC memastikan baterai tetap dalam kondisi optimal (Hutapea, H. H., 2023). Panel surya umumnya mengeluarkan tegangan output (V out) antara 16 V sampai 21 V, sedangkan pada baterai biasanya *charging* pada tegangan antara 14 V sampai 14,7 V. Tanpa SCC,

baterai dapat cepat rusak akibat *overcharging* dan tidak stabilnya tegangan (Albahar, A. K. dan Haqi, M. F., 2020).

Ada dua jenis SCC yang dipakai pada umumnya yaitu, PWM (*Pulse Width Modulation*) dan MPPT (*Maximum Power Point Tracking*). Pada penelitian (Mustiadi, I. dan Utari, E. L., 2024) menjelaskan tentang perbandingan antara SCC PWM dan SCC MPPT yang dimana SCC MPPT lebih unggul dalam pengisian baterai untuk daerah terpencil yang tidak dapat dijangkau oleh jaringan listrik nasional.

Untuk menentukan kapasitas tegangan yang dibutuhkan oleh SCC, diperlukan pertimbangan beberapa faktor seperti konfigurasi panel surya, tegangan sistem baterai, dan spesifikasi SCC itu sendiri.

Baterai / Aki

Peran utama baterai dalam sistem PLTS adalah untuk menampung kelebihan energi yang diproduksi oleh panel surya dan menyediakan daya saat panel surya tidak dapat menghasilkan energi. Jenis-jenis baterai yang umumnya digunakan adalah *lithium* dan *lead acid*. Dimana, baterai jenis *lithium* lebih efisien dalam pengisian maupun pelepasan daya (Zidni, I., 2020).

Perhitungan jumlah baterai dapat disesuaikan dengan pilihan spesifikasi baterai yang tersedia di pasaran. Umumnya, pilihan spesifikasi tegangan baterai adalah 12 V, 24 V, 36 V, atau 48 V. pemilihan tegangan baterai harus lebih kecil daripada tegangan panel surya yang dipasang supaya baterai dapat terisi (Pambudi O. E., 2018). Perhitungan jumlah baterai sesuai spesifikasi yang dirangkai seri menggunakan Persamaan 4 sedangkan jumlah baterai yang dirangkai paralel menggunakan Persamaan 5.

$$N_{b\ seri} = \frac{V_{DC}}{V_{dc\ baterai}} \quad (4)$$

(Sumber: Kementerian ESDM, 2019)

$$N_{b\ paralel} = \frac{P_{total}}{V_{DC} \times Ah \times DOD \times \eta_b} \quad (5)$$

(Sumber: Kementerian ESDM, 2019)

Keterangan:

$N_{b\ seri}$ = jumlah baterai yang diseri (unit);
 $N_{b\ paralel}$ = jumlah baterai yang diparalel (unit);
 V_{DC} = tegangan kerja sistem (V);
 $V_{dc\ baterai}$ = tegangan kerja pada baterai (V);
 DOD = pemakaian *max* kapasitas baterai (%);
 η_b = efisiensi pada baterai (%);

Inverter

Dalam sistem PLTS, inverter berperan sebagai pengubah daya dan pengontrol sistem yang mengonversi arus DC yang dihasilkan oleh panel surya dikonversi

menjadi arus AC. Selain itu, inverter juga mengatur kualitas daya listrik yang dihasilkan untuk memastikan sesuai dengan kebutuhan beban atau jaringan listrik. Pemilihan inverter harus mempertimbangkan besar beban dan konfigurasi sistem PLTS yang akan digunakan (Hamdani, dkk., 2020). Pada Persamaan 6 adalah rumus untuk menghitung kapasitas inverter yang dibutuhkan.

$$C_{iv} = Dw \times Sf \times \eta_{iv} \quad (6)$$

(Sumber: Hidayat, dkk., 2024)

Keterangan:

C_{iv} = kapasitas inverter (W);

Dw = Demdan watt / kebutuhan daya (Wh);

Sf = Safety factor 1,25;

η_{iv} = efisiensi inverter (%);

METODE

Analisis Penelitian

Metode deskriptif dalam konteks pemodelan PLTS *Off-Grid* digunakan untuk menggambarkan secara detail proses perancangan, pengaturan, dan operasional sistem PLTS yang berdiri sendiri. Pada Gambar 2 menjelaskan tentang tahapan penelitian yang terlibat dalam pemodelan PLTS *Off-Grid*, mencakup berbagai aspek teknis dan perhitungan yang relevan.

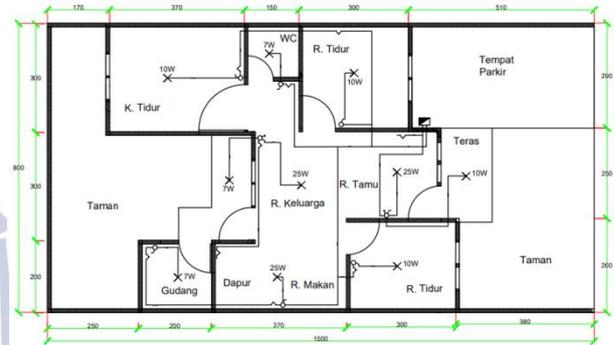


Gambar 2. Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dimulai dari melakukan studi literatur yaitu dengan mengumpulkan informasi dari sumber yang relevan, kemudian melakukan studi lapangan yaitu dengan datang ke lokasi penelitian guna keperluan pengambilan data. Dilanjutkan dengan mengambil data yang diperlukan untuk perhitungan dan analisis data, setelah menganalisis data-data yang ada, dapat dilakukan tahap akhir yaitu pemodelan PLTS *Off-Grid* dengan menyesuaikan data yang telah didapatkan.

Lokasi Penelitian

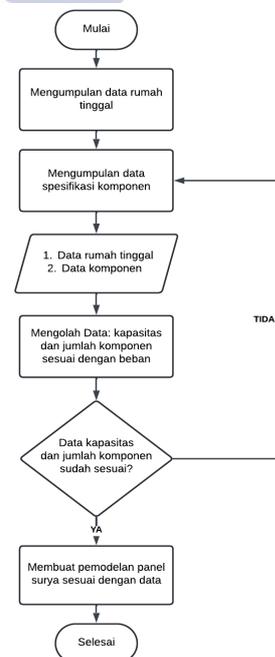
Objek penelitian adalah rumah yang berlokasi di perumahan *Green Park Regency Cluster Jasmine* blok F/17, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Rumah tipe 48 ini mempunyai 7 bilik ruangan dan 1 teras. Denah rumah tersebut digambar menggunakan *AutoCAD Student* ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Denah Rumah

Tahap Pemodelan

Pada Gambar 4 menunjukkan flowchart tentang proses pengerjaan pemodelan PLTS *Off-Grid*. Tahap awal adalah mengumpulkan beban listrik yang digunakan pada rumah tinggal untuk menentukan spesifikasi komponen-komponen sistem PLTS *Off-Grid*. Mengumpulkan data spesifikasi komponen PLTS *Off-Grid* sangat mempengaruhi pada keefisienan pemodelan PLTS. Setelah data beban listrik dan data spesifikasi komponen diperoleh, dapat menghitung jumlah unit yang dibutuhkan untuk dibuat pemodelan. Jika sudah sesuai, dilanjutkan dengan membuat pemodelan.



Gambar 4. Tahapan Pemodelan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kebutuhan Daya Listrik

Pemodelan PLTS *Off-Grid* memerlukan data beban yang digunakan untuk menentukan kapasitas dan jumlah unit masing-masing komponen. Data beban listrik ini diambil dari penggunaan harian rumah yang diteliti. Data beban ini tampak pada Tabel 1 memaparkan profil beban listrik dengan total daya beban sebesar 2526 W dan total penggunaan harian sebesar 11700 Wh.

Tabel 1. Profil Beban

| Beban Listrik | Jumlah | Daya (W) | Total Daya (W) | Lama Penggunaan (h) | Total (Wh) |
|-------------------|--------|----------|----------------|---------------------|--------------|
| Kulkas | 1 | 100 | 100 | 24 | 2400 |
| TV | 1 | 150 | 150 | 8 | 1200 |
| Mesin Cuci | 1 | 300 | 300 | 2 | 600 |
| Setrika | 1 | 300 | 300 | 2 | 600 |
| Rice Cooker | 1 | 400 | 400 | 1 | 400 |
| Kipas Angin | 1 | 80 | 80 | 8 | 640 |
| Kipas Angin | 3 | 60 | 180 | 12 | 2160 |
| Komputer | 1 | 350 | 350 | 4 | 1400 |
| Pompa Air | 1 | 500 | 500 | 2 | 1000 |
| Lampu R. Tidur | 3 | 10 | 30 | 12 | 120 |
| Lampu Gudang | 1 | 7 | 7 | 24 | 168 |
| Lampu Taman | 1 | 7 | 7 | 12 | 84 |
| Lampu WC | 1 | 7 | 7 | 24 | 168 |
| Lampu Teras | 1 | 10 | 10 | 12 | 120 |
| Lampu R. Tamu | 1 | 25 | 25 | 8 | 200 |
| Lampu R. Keluarga | 1 | 25 | 25 | 8 | 200 |
| Lampu R. Makan | 1 | 25 | 25 | 8 | 200 |
| Charger ponsel | 3 | 10 | 30 | 4 | 40 |
| Total | | | 2526 | | 11700 |

Kebutuhan Panel Surya

Panel surya yang digunakan sebagai acuan adalah yang memiliki spesifikasi pada Tabel 2. Diamsuksikan tegangan panel surya yang dihasilkan adalah stabil dan mempunyai waktu 4 jam penyinaran dalam sehari sehingga dibutuhkan 12 unit panel yang dibagi menjadi 3 *array*, masing-masing dirangkai secara seri untuk memenuhi kebutuhan daya listrik. Jenis panel surya yang dipakai adalah monokristalin karena medan pemasangan tidak terhalang dari sinar matahari.

Kebutuhan SCC (*Solar Charge Controller*)

Setelah menghitung kebutuhan panel surya, dapat menentukan spesifikasi SCC yang digunakan. Setiap *array* yang berisi 4 unit panel surya yang dirangkai seri dipasang 1 unit SCC jenis MPPT tipe 150 V 60 Ah

sebanyak 3 unit. Spesifikasi SCC MPPT yang digunakan ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Spesifikasi Panel Surya

| Komponen | Spesifikasi |
|-------------|---|
| Panel Surya | Merk : <i>Sunny</i> |
| | Tipe : <i>monocrystalline</i> |
| | Maksimum Daya <i>Output (Pmax)</i> : 250 W |
| | Tegangan Daya Maks (<i>Vmp</i>) : 30 V |
| | Maks. Tegangan <i>Open Circuit (Voc)</i> : 37 V |
| | Arus Daya Maksimum (<i>Imp</i>) : 8,5 A |
| | Arus <i>Short Circuit (Isc)</i> : 9 A |

Tabel 3. Spesifikasi SCC

| Komponen | Spesifikasi |
|--|---|
| SCC | Merk : <i>Conext</i> |
| | Tipe : <i>MMPT 60 150</i> |
| | Nominal Tegangan : 12/24/36/48/60 V |
| | Tegangan Daya Maks (<i>Vmp</i>) : 140 V |
| | Arus Daya Maksimum (<i>Imax</i>) : 60 A |
| | Maksimum Daya <i>Output (Pmax)</i> : 5250 W |
| Maks. Tegangan <i>Open Circuit (Voc)</i> : 150 Vdc | |

Kebutuhan Baterai

Penggunaan baterai sebaiknya tidak dilakukan hingga seluruh daya yang tersimpan habis. Karena dapat mempercepat kerusakan atau soak pada baterai. Disarankan untuk menggunakan hanya 80% dari kapasitas daya yang tersedia pada baterai. tampak pada Tabel 4, sistem PLTS ini menggunakan 6 unit baterai *Lithium LifePO4* tegangan 24 V dan kapasitas 200 Ah.

Tabel 4. Spesifikasi Baterai

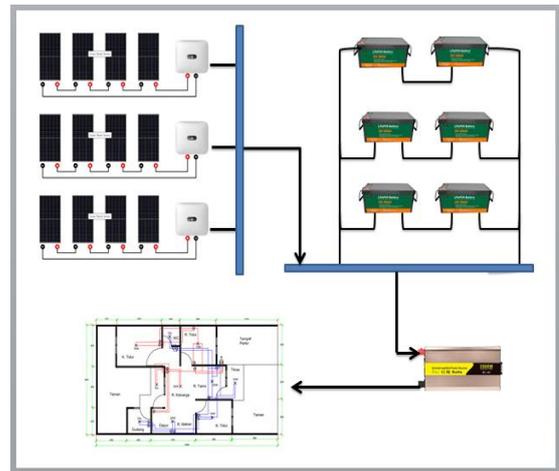
| Komponen | Spesifikasi |
|-----------|------------------------------------|
| Baterai | Merk : <i>LifePO4</i> |
| | Tipe : <i>Lithium</i> |
| | Tegangan (V) : 24 V |
| | Kapasitas : 200 Ah |
| | Arus (<i>I charge</i>) : 20-50 A |
| | Arus maks (<i>Imax</i>) : 100 A |
| DOD : 80% | |

Kebutuhan Inverter

Kapasitas Inverter ditentukan oleh total daya dari semua beban yang akan dihubungkan ke inverter yaitu 2526 W dengan efisiensi sebesar 0.9 atau 90%. Inverter jenis *pure sine wave* yang digunakan dengan kapasitas inverter sebesar 3500 W dan tegangan minimum 48 V sebanyak 1 unit. Spesifikasi inverter dijelaskan pada Tabel 5.

Tabel 5. *Datasheet* Inverter

| Komponen | Spesifikasi |
|----------|-------------------------------|
| Inverter | Merk : <i>Latronics</i> |
| | Jenis : <i>Pure Sine Wave</i> |
| | Daya : 3500 W |
| | Tegangan DC (Vdc): 48 V |
| | Tegangan AC (Vac): 220 V |
| | Efisiensi : 94% |



Gambar 5. Pemodelan PLTS *Off-Grid*

Pemodelan

Berdasarkan hasil dari perhitungan kebutuhan komponen PLTS, kapasitas panel surya yang dipilih yaitu 250 Wp sebanyak 12 unit yang masing-masing memiliki tegangan 37 V. Dimodelkan menjadi 3 *array* yang masing-masing terdiri dari 4 unit panel surya dan dirangkai secara seri.

Jenis panel surya yang digunakan berjenis monokristalin karena keefisiensannya dalam ukuran dan desain, konversi energi, serta umur dan garansi panel dibaningkan dengan panel surya jenis lain. Panel surya ini berfungsi untuk menyerap sinar matahari dan mengonversi energi matahari tersebut menjadi energi listrik DC.

Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa setiap *array* panel surya terhubung ke 1 unit SCC. SCC berperan dalam Menjaga stabilitas tegangan yang masuk ke baterai dan mengisi baterai dengan daya maksimal. Kapasitas baterai yang diperlukan untuk kebutuhan daya 11700 Wh adalah 6 unit dengan spesifikasi tegangan 24 V dan kapasitas 200 Ah.

Supaya rangkaian PLTS berfungsi dengan baik, perlunya mengatur pengisian baterai dengan optimasi daya dari panel surya ke baterai. SCC MPPT mengatur arus pengisian secara dinamis sesuai kebutuhan baterai. SCC MPPT mempunyai kinerja yang lebih baik dan lebih efisien, terutama dalam kondisi cahaya yang bervariasi.

Komponen SCC selanjutnya terhubung ke inverter, yang bertugas mengubah arus searah atau arus DC dari panel surya menjadi arus bolak-balik atau arus AC. Inverter ini kemudian dihubungkan ke berbagai beban listrik rumah tinggal yang menggunakan arus AC. Jika terdapat kelebihan energi, baterai perlu terhubung ke inverter guna menyimpan surplus listrik yang dapat dikonsumsi saat malam hari atau di saat mendung.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan tinjauan pustaka, dapat disimpulkan bahwa hasil penelitian dan pembahasan sesuai dengan tujuan penelitian yang dihubungkan, energi yang digunakan pada pemodelan PLTS *Off – grid* pada rumah yang mempunyai total daya beban 2526 W dengan penggunaan harian sebesar 11,7 kWh. dapat dimodelkan membuat 3 *array* dengan total komponen panel surya sebanyak 12 panel dengan kapasitas 1 panel terdapat 250 Wp, inverter sebanyak 1 buah dengan daya 3500 watt, dan baterai sebanyak 6 buah dengan tegangan 24 V dan arus 200 ah yang dirangkai seri dapat memenuhi kebutuhan daya.

Saran

Dalam tulisan ini, hanya membahas hingga tahap pemodelan PLTS. Untuk tahapan selanjutnya, disarankan untuk dapat memasukan perhitungan ekonomi dan jangka investasi dalam perancangan PLTS serta memperhatikan lebih banyak faktor yang mempengaruhi keefisienan sistem PLTS seperti luas area, radiasi matahari, dan detail kerugian daya yang ada pada komponen dan sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Albahar, A.K. dan Haqi, M.F. (2020). *Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya (PV) Terhadap Keluaran Daya*. Jurnal Elektro, 8(2), 115-122.
- Ariyani, S., Wicaksono, D. A., Fitriana, F., Taufik, R., dan Germanio, G. (2021). *Studi Perencanaan dan Monitoring System Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Remote Area*. Techné : Jurnal Ilmiah Elektroteknika, 20(2), 113–124.

- Direktur Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi. (2019). *Pdanuan Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat*. Jakarta Selatan: Kementerian ESDM.
- Farghali, M., Osman, A.I., Mohamed, I.M.A. (2023). *Strategies to save energy in the context of the energy crisis: a review*. *Environmental Chemistry Letters*, 21, 2003–2039.
- Gifson, A., Siregar, RT M., Pambudi, M. P. (2020). *Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) On Grid di Ecopark Ancol*. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 22(1), 23-33.
- Hamdani, H., Tharo, Z., Anisah, S. dan Lubis, S.A., (2020), September. *Rancang Bangun Inverter Gelombang Sinus Termodifikasi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Rumah Tinggal*. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik UISU (Semnastek)*, 3(1), 156-162.
- Hidayat, W. dan Rizaldi, R., (2024). *Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Pembasmi Serangga Pada Tanaman Bawang Merah Di Kecamatan Anggeraja Kabupaten Enrekang*. *Kohesi: Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(7), 45-68.
- Humaira, J.D., (2023). *Komparasi Unjuk Kerja Hubungan Seri, Paralel, dan Seri Paralel pada Panel Surya*: *MSI Transaction on Education*, 4(1), 1-12.
- Hutapea, H.H., (2023). *Analisis Kinerja Baterai Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya 2 Kwp Kedaireka Universitas HKBP Nommensen Medan*. Tesis tidak diterbitkan. Medan: Universitas HKBP Nommensen Medan.
- Ihsan, M.A., Al Anshari, A.S., Duyo, R.A. dan Nirwana, H. (2023). *Analisa Tenaga Surya Terkonsentrasi Pada Konversi Cahaya Sinar Matahari Menjadi Energi Listrik Terhadap Suplai Air*. *Vertex Elektro*, 15(2), 11-17.
- Juniarta, I.K., Setiawan, I.N. dan Giriantari, I.A.D., (2022). *Analisis Sistem Kelistrikan Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya On-Grid Kapasitas 25 Kwp Di Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Provinsi Bali*. *Jurnal SPEKTRUM*, 9(1).
- Liestyowati, D., Rachman, I., Firmansyah, E. dan Mujiburrohman, M., (2022). *Rancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Berkapasitas 100 WP dengan Inverter 1000 Watt*. *Insologi: Jurnal Sains dan Teknologi*, 1(5), 623-634.
- Mustaqim, M. (2022). *Prediksi Kebutuhan PLTS Dan PLTB Berbasis Jaringan Saraf Tiruan*. Tesis tidak diterbitkan. Semarang: Universitas Islam Sultan Agung.
- Mustiadi, Ikhwan, dan Utari, Evrita Lusiana. (2024). *Aplikasi Metode Maximum Power Point Tracking (MPPT) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sederhana di Dusun Barak II*. *Jurnal Pengabdian Dharma Bakti*, 7(1), 2615-2118.
- Pambudi, Oktavian Edo. (2018). *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Rumah Tinggal Sederhana*. Tesis tidak diterbitkan. Magelang: Universitas Tidar.
- Rajagukguk, R., Bangun, D., Manurung, D., Kurniawan, D., Purba, J. (2023). *Kajian Inverter Pure Sine Wave Terhadap Beban Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 100 Wp*. *Sinergi Polmed: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*.
- Setyawan, A., dan Ulinuha, A. (2022). *Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid Untuk Supply Charge Station*. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 24(1), 23-28.
- Supari M., Khotimah K., dan Azhiimah, A. N. (2020). *Analisis Kritis terhadap Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Tipe Photovoltaic (PV) sebagai Energi Alternatif Masa Depan*. *Rang Teknik Journal*, 3(1), 119-130.
- Supriatna, W., Siregar, M. dan Bachri, K.O. (2022). *Implementation of PVWatts Software for Design of Roof Solar Panels at the Faculty of Engineering, Subang University: Electrical Power, Electronics, Communications, Controls dan Informatics Seminar (EECCIS)*, IEEE, 12-16.
- Utamidewi, D. (2023). *Optimasi Pembangkit Hibrida (PV, Baterai, dan Generator) pada Daerah Off-Grid dengan Pendekatan Multi Objective Optimization*. Tesis tidak diterbitkan. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Yuwono, S., Diharto, D. dan Pratama, N.W., (2021). *Manfaat Pengadaan Panel Surya dengan Menggunakan Metode On Grid*. *Energi & Kelistrikan*, 13(2), 161-171.
- Zidni, I., (2020). *Analisis Efisiensi Pengisian Muatan Baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePO4)*. Tesis tidak diterbitkan. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.