

Rancang Bangun PLTS *Off-grid* Untuk Catu Daya Lampu Penerangan Kebun Buah Naga Desa Yosomulyo

Aldy Allan Ghozali¹, Lie Jasa², I Nyoman Satya Kumara³

[Submission: 28-07-2025, Accepted: 28-09-2025]

Abstract— *The sunlight intensity level requirement for dragon fruit plants is more than 90%, which is essential for the photosynthesis process and the morphological development of the plant. This plant is classified as long-day plant, meaning that it requires at least 12 hours or more of sunlight to reproduce. Dragon fruit farmers utilize artificial lighting as an alternative to sunlight to support the plant's biological processes at night. The energy source is conventional electricity from grid (PLN). The design of an off-grid PV system at the Yosomulyo dragon fruit farm is carried out to support the farm's daily electricity needs. The design begins with field observations to obtain geographic data of the farm, daily electrical load profile data with amperes, calculating the PV system capacity, determining PV system components, and testing the performance of the design with PVSyst simulation. The simulation results of the PLTS design are 70.9% with an inverter variation of 6500 W, solar modules of 550 Wp, batteries of 200 Ah 12 V at a system voltage of 48 VDC, and an autonomy day of 1.*

Intisari— *Kebutuhan cahaya matahari pada tanaman buah naga berada pada tingkat intensitas lebih dari 90%, yang esensial bagi proses fotosintesis dan perkembangan morfologis tanaman tersebut. Tanaman ini termasuk long day plant, maknanya untuk bereproduksi dibutuhkan penyinaran setidaknya 12 jam atau lebih. Banyak petani buah naga yang memanfaatkan cahaya lampu sebagai alternatif cahaya matahari guna mendukung proses biologis tanaman di malam hari. Sumber energi listrik yang digunakan adalah listrik konvensional dari PLN. Perancangan PLTS *Off-grid* di kebun buah naga desa Yosomulyo dilakukan untuk mendukung kebutuhan energi listrik harian kebun. Perancangan diawali dengan observasi di lapangan untuk mendapatkan data geografis kebun, data profil beban kelistrikan harian dengan tang ampere, menghitung kapasitas sistem PLTS, menentukan komponen PLTS, dan menguji performa rancangan dengan simulasi PVSyst. Hasil simulasi dari rancangan PLTS yaitu 70,9% dengan variasi inverter 6500 W, modul surya 550 Wp, baterai 200 Ah 12 V pada tegangan sistem 48VDC, dan hari otonomi 1.*

Kata Kunci— *Buah Naga; Off-grid; PLTS; PVSyst.*

I. PENDAHULUAN

Buah naga tergolong tanaman berhari panjang (*long day plant*), yang secara fisiologis memerlukan durasi pencahayaan yang tinggi untuk merangsang proses pembungaan dan pembentukan buah secara optimal.

¹Mahasiswa, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jln. Kampus Bukit Jimbaran 80361 INDONESIA

(aldyallanghozali@gmail.com)

^{2,3}Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jln. Jalan Kampus Bukit Jimbaran 80361 INDONESIA
(liejasa@unud.ac.id; satya.kumara@unud.ac.id)

Aldy Allan Ghozali: Rancang Bangun PLTS *Off-grid*

Pencahayaan minimal selama 12 jam per hari diperlukan guna mendukung potensi produktivitas tanaman secara maksimal [1]. Para petani buah naga meningkatkan hasil panen dengan berbagai metode. Salah satunya dengan memberikan penyinaran lampu di malam hari sebagai perangsang tambahan untuk membantu reproduksi tanaman buah naga [2]. Pemanfaatan lampu pada malam hari di lahan buah naga menunjukkan bahwa pemberian cahaya lampu dapat meningkatkan kapasitas produksi [3] [4].

Pengaruh pencahayaan terhadap produktivitas tanaman buah naga melalui metode survei terhadap petani yang menggunakan dan tidak menggunakan pencahayaan tambahan dalam budidaya. Hasil analisis menunjukkan bahwa kelompok tanpa pencahayaan menghasilkan rata-rata 4 buah per tanaman, sedangkan kelompok dengan pencahayaan mencapai rata-rata 8 buah. Selain itu, jumlah bunga yang terbentuk pada kelompok tanpa pencahayaan rata-rata sebanyak 6 bunga, sementara pada kelompok dengan pencahayaan meningkat signifikan menjadi 21 bunga. Temuan ini mengindikasikan bahwa intervensi pencahayaan buatan secara signifikan berkontribusi terhadap peningkatan produktivitas buah naga, baik dalam hal pembentukan bunga maupun hasil panen [5].

Petani masih mengandalkan energi fosil sebagai sumber listrik, meskipun pemerintah menargetkan penurunan emisi sebesar 29% pada 2030 [6]. Pemanfaatan energi baru terbarukan, khususnya PLTS *Off-grid*, merupakan alternatif tepat untuk memenuhi kebutuhan listrik budidaya buah naga yang memerlukan pencahayaan malam hari.

Potensi sumber Energi Baru Terbarukan (EBT) di Indonesia sangat besar, antara lain mini/mikrohidro sebesar 450 MW, biomassa hingga 50 GW, intensitas radiasi matahari sekitar 4,8 kWh/m²/hari, kecepatan angin rata-rata 3–6 m/s, serta potensi energi nuklir sebesar 3 GW. Berdasarkan potensi tersebut, Pemerintah Indonesia telah menetapkan komitmen strategis dalam melakukan transisi energi menuju pemanfaatan energi bersih, dengan menetapkan target kontribusi EBT sebesar 23% dalam bauran energi nasional pada tahun 2025, sebagaimana tertuang dalam dokumen Rencana Umum Energi Nasional (RUEN)[7][8][9].

Penelitian ini membahas perancangan sistem PLTS *Off-grid* yang disesuaikan dengan kebutuhan beban kelistrikan kebun, guna memastikan kompatibilitas dan kinerja optimal setiap komponen. Penelitian ini juga diharapkan mendukung transisi energi Indonesia menuju Net Zero Emission 2060 [10].

II. STUDI PUSTAKA

A. PLTS

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan sistem konversi energi yang memanfaatkan radiasi matahari sebagai p-ISSN:1693 – 2951; e-ISSN: 2503-2372



sumber energi utama, dengan menggunakan teknologi fotovoltaik untuk mengubah energi foton menjadi energi listrik. Komponen utama dalam sistem ini adalah sel surya, yang tersusun dari lapisan tipis material semikonduktor seperti silikon (*Si*) murni atau semikonduktor lainnya, dan dirakit menjadi satu kesatuan modul surya guna menghasilkan daya listrik secara efisien [11].

B. Fundamental PLTS

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan sistem yang mengonversi energi radiasi matahari menjadi energi listrik melalui sel fotovoltaik. Proses konversi ini didasarkan pada prinsip efek fotoelektrik, di mana energi foton dari sinar matahari menyebabkan terjadinya eksitasi elektron dan pelepasan ikatan elektron - proton material semikonduktor [12].

Dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) tipe *Off-grid*, *inverter* baterai berfungsi sebagai acuan tegangan utama dalam sistem. Energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya akan disimpan ke dalam baterai apabila daya yang dihasilkan melebihi kebutuhan beban, selama tingkat pengisian baterai belum mencapai kapasitas maksimum. Status tingkat pengisian baterai atau *State of Charge* (SoC) adalah jumlah energi yang tersimpan. Baterai dianggap penuh saat SoC mencapai nilai maksimum, sedangkan pada kondisi SoC minimum, baterai tidak lagi mampu menyediakan energi dan memerlukan pengisian ulang [13].

Tegangan baterai dalam kondisi pengosongan 0,1C, untuk baterai 12V 200Ah, 0,1C=20A. Tabel 1 menampilkan tegangan baterai AGM 12V 200 Ah dalam kondisi pengosongan 0,1C.

TABEL 1
TEGANGAN BATERAI AGM SAAT PENGOSONGAN PADA 0,1C [14]

SoC	Tegangan (Volt)
100%	12,50
80%	12,25
60%	12,05
50%	11,95
40%	11,75
20%	11,35
0%	10,80

Berdasarkan Tabel 1, pengaturan State of Charge (SoC) pada level 40% dilakukan sebagai bentuk pengendalian terhadap kedalaman pengosongan (*Depth of Discharge/DoD*) guna menjaga kesehatan baterai dalam jangka panjang. Berdasarkan karakteristik baterai Absorbent Glass Mat (AGM), tingkat SoC sebesar 40% yang setara dengan tegangan 11,75 V masih berada dalam batas aman sebelum terjadi penurunan performa yang signifikan. Dengan membatasi SoC tidak turun di bawah 40%, degradasi elektrokimia akibat siklus dalam (*deep cycle*) dapat diminimalkan, sehingga umur pakai baterai dapat diperpanjang [14]. Selain itu, pengaturan ini memberikan margin cadangan energi yang cukup untuk mencegah kerusakan akibat pengosongan total (*overdischarge*) yang berpotensi menyebabkan kerusakan permanen pada sel baterai [15].

Parameter kinerja yang umum digunakan untuk mengevaluasi sistem PLTS adalah *Performance Ratio* (PR), yaitu rasio antara energi listrik aktual yang dihasilkan dengan energi yang seharusnya dihasilkan berdasarkan kondisi Standar

Uji (*Standard Test Conditions* atau STC). Selain itu, terdapat pula parameter *Solar Fraction*, yang menunjukkan proporsi kontribusi energi dari panel surya terhadap total kebutuhan energi sistem secara keseluruhan [16].

C. Inverter

Inverter berperan dalam mengonversi arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC), dan kapasitasnya harus disesuaikan dengan kebutuhan daya sistem. Besarnya kapasitas *inverter* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [17][18]:

$$P_{inverter} = P_{demand} \times SF \quad (1)$$

Dengan:

$P_{inverter}$ = Kapasitas *inverter* (Watt)

P_{demand} = Daya yang dibutuhkan (Watt)

SF = *Safety Factor* (1,25)

Kapasitas yang dibutuhkan untuk *Solar Charge Controller* (SCC) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [17] [18]:

$$C_{SCC} = \frac{(PPV \times SF)}{V_s PV} \quad (2)$$

Dengan :

C_{SCC} = Kapasitas minimum SCC (Ampere)

P_{demand} = Daya yang dibutuhkan (Watt)

$V_s PV$ = Tegangan *max. string* PV (Volt)

D. Panel Surya

Panel surya adalah perangkat yang berfungsi untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik menggunakan prinsip kerja efek fotovoltaik. Panel ini terdiri dari kumpulan sel surya (*solar cells*) yang terbuat dari bahan semikonduktor, seperti silikon, yang mampu menghasilkan arus listrik saat terkena cahaya matahari [18]. Kondisi lingkungan di sekitar panel surya (PV) memiliki pengaruh signifikan terhadap output daya yang dihasilkan. Beberapa faktor utama yang memengaruhi kinerja produksi daya modul PV meliputi luas area instalasi, suhu lingkungan, serta efisiensi modul itu sendiri [18].

E. Menghitung TCF

Temperature Correction Factor (TCF) merupakan rasio antara daya maksimum yang dihasilkan modul fotovoltaik pada kondisi suhu tertentu yang lebih tinggi, terhadap daya maksimum modul pada suhu standar 25°C sesuai dengan *Standar Test Condition* (STC). Nilai TCF dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [18]:

$$P_{MPP T^{\circ}C} = P_{MPP} (T_{coeff} \times P_{MPP} \times \Delta T) \quad (3)$$

Dengan :

$P_{MPP T^{\circ}C}$ = Daya *max.* PV suhu naik $T^{\circ}C$

P_{MPP} = Daya *max.* PV suhu STC

T_{coeff} = Koefisien performa PV ($\%/^{\circ}C$)

ΔT = Perubahan suhu ($^{\circ}C$)

Setelah memperoleh nilai daya maksimum modul P_{MPP} T°C. Tahap selanjutnya adalah menghitung nilai *Temperature Correction Factor* (TCF) dengan menggunakan persamaan berikut [18]:

$$TCF = \frac{P_{MPP} T^{\circ C}}{P_{MPP}} \quad (4)$$

F. Menghitung Area Panel Surya

Pada konfigurasi sistem PLTS, instalasi modul fotovoltaik memerlukan area lahan yang memadai. Semakin besar luas lahan yang tersedia untuk pemasangan, potensi daya yang dapat dibangkitkan oleh sistem PLTS juga akan meningkat [18]:

$$PV_{area} = \frac{EL}{G_{av} \times TCF \times \eta_{PV} \times \eta_{Out}} \quad (5)$$

Dengan :

- PV_{area} = Luas area PV (m^2)
- E_L = Konsumsi Energi (kWh/hari)
- G_{AV} = Radiasi matahari ($kWh/m^2/hari$)
- η_{PV} = Efisiensi PV (%)
- η_{Out} = Efisiensi Inverter (%)

G. Menghitung Daya Puncak PLTS

Estimasi daya yang dibangkitkan oleh PLTS diperoleh melalui perhitungan dengan persamaan berikut [18]:

$$P_{peak} = PV_{area} \times PSI \times \eta_{PV} \quad (6)$$

Dengan :

- P_{peak} = Daya puncak PLTS (Wattpeak)
- PSI = *Peak Sun Insulation* ($1000 W/m^2$)

H. Menghitung Jumlah Panel Surya

Estimasi kebutuhan jumlah panel surya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut [18]:

$$\text{Modul PV} = \frac{P_{peak}}{P_{MPP}} \quad (7)$$

I. Baterai

Baterai berfungsi sebagai penyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dan digunakan untuk memenuhi kebutuhan beban sistem. Pada umumnya, kapasitas baterai dalam sistem PLTS dirancang sekitar dua kali lipat dari total kebutuhan energi harian.

Berdasarkan data tegangan terminal baterai AGM, diketahui bahwa pada SoC sebesar 40%, *Depth of Discharge* (DoD) mencapai 60%, yang menunjukkan bahwa 60% dari kapasitas total energi baterai telah digunakan. Nilai DoD ini dihitung menggunakan rumus $DoD = 100\% - SoC$, sehingga pada SoC 40%, diperoleh $DoD = 100\% - 40\% = 60\%$.

Aldy Allan Ghozali: Rancang Bangun PLTS *Off-grid*

Pengosongan hingga 60% ini masih berada dalam ambang aman untuk baterai AGM, namun jika dilakukan secara berulang tanpa strategi manajemen pengisian yang tepat, dapat mempercepat degradasi kapasitas dan mengurangi jumlah siklus hidup baterai [19].

Untuk aplikasi pada kebun buah naga, digunakan satu hari otonomi dengan *Depth of Discharge* (DoD) sebesar 60%. Kapasitas baterai untuk memenuhi konsumsi energi harian dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [19][20][21][22]:

$$C = \frac{N \times E_d}{V_s \times DoD \times \eta} \quad (8)$$

Dengan :

- C = Kapasitas baterai (*Amperehour*)
- N = Jumlah otonomi hari (hari)
- E_d = Konsumsi energi harian (kWh)
- V_s = Tegangan sistem baterai (Volt)
- DoD = Kedalaman pengosongan baterai (%)
- η = Efisiensi *inverter* (%)

J. Konfigurasi Rangkaian Baterai

Dalam sistem PLTS, tegangan sistem pada rangkaian baterai umumnya terdiri dari tiga tingkat, yaitu 12 V, 24 V, dan 48 V. Nilai tegangan ini menentukan konfigurasi rangkaian baterai yang digunakan. Jumlah baterai yang disusun secara seri maupun paralel dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [21][22]:

$$\text{Jumlah baterai seri} = \frac{v_s}{v_{batt}} \quad (9)$$

$$\text{Jumlah baterai seri} = \frac{C_{demand}}{C_{batt}} \quad (10)$$

Dengan :

- V_s = Tegangan sistem (Volt)
- V_{batt} = Tegangan baterai (Volt)
- C_{demand} = Kapasitas kebutuhan beban (Ah)
- C_{batt} = Kapasitas baterai (Ah)

K. Simulasi PVSyst

Perangkat lunak PVSyst digunakan untuk mensimulasikan perencanaan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), baik untuk konfigurasi *On-grid*, *Off-grid*, maupun sistem *Hybrid*. Aplikasi ini umumnya dimanfaatkan dalam kegiatan pembelajaran, perhitungan, analisis, serta perencanaan teknis sistem PLTS [23].

Adapun tahapan dalam melakukan simulasi sistem PLTS menggunakan perangkat lunak PVSyst adalah sebagai berikut [23]:

- Menentukan jenis PLTS;

p-ISSN:1693 – 2951; e-ISSN: 2503-2372

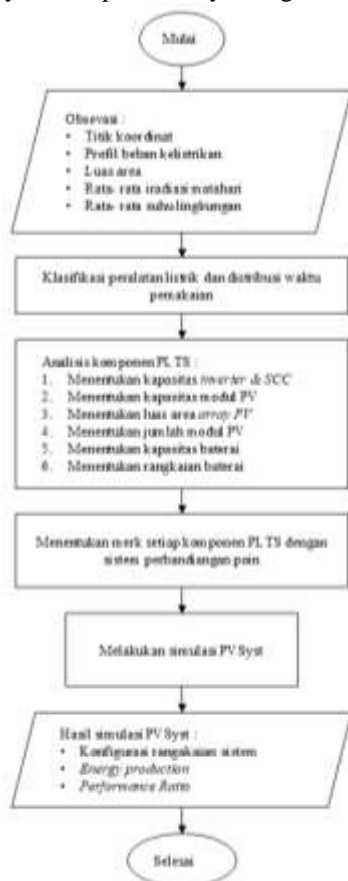


- Menentukan titik koordinat lokasi;
- Menentukan orientasi panel;
- Menentukan data beban kelistrikan;
- Menentukan modul PV dan *inverter*;
- Menentukan baterai dan rangkaiannya;
- Menentukan rugi – rugi sistem;
- Jalankan simulasi.

III. METODE PENELITIAN

Setiap kegiatan penelitian memerlukan kajian teknis yang komprehensif sebagai dasar pelaksanaan. Tujuan dari kajian ini adalah untuk memberikan panduan yang sistematis dan terstruktur bagi peneliti, sehingga proses penelitian dapat dilakukan secara terarah, mendapat hasil yang valid, dapat dipertanggungjawabkan, serta memberikan manfaat yang nyata.

Metodologi penelitian berperan penting dalam merancang, mengimplementasikan, dan menganalisis seluruh tahapan penelitian secara efektif, serta menjamin validitas dan reliabilitas data temuan. Diagram alir berikut menyajikan tahapan penelitian sistem PLTS Off-grid Kebun Buah Naga di Desa Yosomulyo, Kabupaten Banyuwangi:



Gambar 1. Diagram alir penelitian

A. Tahapan I Observasi

Penelitian ini dimulai dengan melakukan observasi lapangan di Kebun Buah Naga yang berlokasi di Desa Yosomulyo, Kabupaten Banyuwangi. Data yang dikumpulkan mencakup koordinat geografis lokasi kebun, profil beban listrik, luas area lahan, rata-rata intensitas iradiasi matahari, serta rata-rata suhu lingkungan di sekitar Lokasi.

B. Tahapan II Identifikasi & Klasifikasi

ISSN 1693 – 2951

Proses identifikasi dan klasifikasi peralatan listrik dilakukan guna memperoleh informasi mengenai pola distribusi beban listrik di area kebun.

C. Tahapan III Analisis Kapasitas Komponen

Pada perencanaan sistem PLTS memerlukan perhitungan kapasitas setiap komponen yang akan digunakan guna memastikan kinerja sistem berlangsung secara optimal.

D. Tahapan IV Analisis Merk Komponen

Pada tahap ini dilakukan analisis pemilihan merek komponen PLTS dengan menggunakan metode perbandingan berbasis poin terhadap tiga merek pada masing-masing komponen, yaitu *inverter*, panel surya (PV), dan baterai.

E. Tahapan IV Simulasi PVSyst

Simulasi perancangan sistem menggunakan perangkat lunak PVSyst dilakukan guna memperoleh nilai *performance ratio* dari sistem PLTS yang dirancang [23].

F. Tahapan IV Simulasi PVSyst

Tahap pasca-simulasi melibatkan analisis terhadap *output* perancangan sistem, meliputi konfigurasi sistem PLTS, jumlah energi yang dihasilkan, dan nilai *performance ratio*. Hasil analisis tersebut menjadi dasar dalam perumusan kesimpulan penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Lokasi & Data Elektrikal

Tabel 2 menampilkan informasi nama, lokasi, dan profil pelanggan PLN kebun buah naga yang diteliti.

TABEL II
LOKASI & DATA ELEKTRIKAL

Lokasi	
Nama	Kebun Buah Naga Sidotrentem
Alamat	Desa Yosomulyo, Banyuwangi
Koordinat	-8.389100, 114.161621
Data Elektrikal	
Kapasitas Listrik	2 x 3300 VA
Golongan	R-2/TR

Gambar 2 menampilkan visual lokasi penelitian yang didapatkan dari aplikasi GoogleMaps sesuai dengan titik koordinat kebun buah naga.

Kebun buah naga yang digunakan sebagai lokasi penelitian merupakan kebun yang menggunakan teknologi penyinaran lampu. Aktivitas harian pada kebun ini adalah penyinaran pohon buah naga pada malam hari. Penyinaran menggunakan lampu memiliki 2 variasi waktu mengikuti musim di Indonesia. Ketika musim penghujan lampu dinyalakan selama 5-6 jam sehari. Ketika musim kemarau lampu dinyalakan 4-5 jam sehari. Perencanaan perhitungan pemakaian energi listrik yang digunakan adalah selama 6 jam dalam sehari. Variasi rasio jumlah lampu terhadap tanaman adalah 1:2. Artinya, 1 lampu digunakan untuk menyinari 2 tanaman. Dalam 1 periode penyalan lampu adalah selama 60 hari dan terdapat jeda selama 7 hari pasca panen.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian

Kebun buah naga memiliki kapasitas daya listrik terpasang sebesar 2 x 3300 VA untuk melayani kebutuhan listrik pada kebun buah naga. Jumlah lampu yang terpasang sebanyak 450 buah lampu 10 W yang dirangkai secara paralel. Kebutuhan beban kelistrikan pada kebun buah naga didapatkan dengan melakukan pengukuran arus kelistrikan menggunakan tang amper. Data arus tersebut kemudian dikalikan dengan 220 V_{AC} dan cos phi 0,9 untuk mendapat nilai daya aktif. Daya aktif kemudian dikalikan dengan waktu untuk mendapatkan besaran energi selama 60 menit yang dianggap konstan. Gambar 3 menampilkan skematik lampu buah naga yang terpasang di kebun.



Gambar 3. Skematik instalasi lampu kebun buah naga

B. Daya Aktif & Energi Listrik

Tabel 3 menampilkan data daya aktif kelistrikan kebun buah naga selama 7 hari.

TABEL III
DAYA AKTIF KELISTRIKAN KEBUN BUAH NAGA

Daya Aktif Kelistrikan Buah Naga (kW)								
Waktu	27-08	28-08	29-08	30-08	31-08	01-09	02-09	Rata-Rata
19.00	4,71	4,63	4,56	4,64	4,64	4,63	4,55	4,62
20.00	4,68	4,61	4,60	4,66	4,62	4,62	4,68	4,64
21.00	4,70	4,62	4,62	4,65	4,59	4,55	4,55	4,61
22.00	4,69	4,62	4,63	4,58	4,64	4,57	4,62	4,62
23.00	4,65	4,60	4,65	4,60	4,58	4,62	4,62	4,62
00.00	4,65	4,61	4,65	4,69	4,56	4,61	4,63	4,63

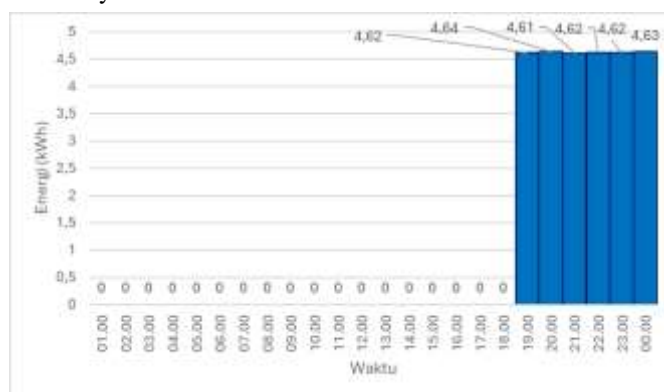
Aldy Allan Ghozali: Rancang Bangun PLTS *Off-grid*

Daya aktif kelistrikan kebun buah naga dianggap konstan. Rata-rata daya aktif tersebut kemudian dikalikan dengan satuan waktu 60 menit (1 jam) untuk mengetahui besaran energi yang dikonsumsi selama 1 hari. Tabel 4 menampilkan data konsumsi energi harian di kebun buah naga.

TABEL IV
RATA-RATA KONSUMSI ENERGI LISTRIK KEBUN BUAH NAGA

Waktu	Energi (kWh)
19.00-20.00	4.62
20.00-21.00	4.64
21.00-22.00	4.61
22.00-23.00	4.62
23.00-24.00	4.62
24.00-01.00	4.63
Total	27,74

Total rata-rata konsumsi energi listrik kebun buah naga adalah 27,74 kWh/hari. Gambar 4 menampilkan visual grafik distribusi pemakaian beban kelistrikan buah naga. Pembebanan hanya dilakukan selama 6 jam mulai dari 19.00-01.00 hari berikutnya.



Gambar 4. Distribusi Pemakaian Beban

C. Iradiasi Matahari dan Suhu

Pada Tabel 5 menampilkan data rata-rata iradiasi matahari dan rata-rata suhu lingkungan di kabupaten Banyuwangi 2024 yang didapatkan dari Meteonorm 8.0 pada PVSyst. Iradiasi terendah yaitu 5,01 W/m²/ hari digunakan untuk menghitung energi yang dapat diproduksi. Suhu tertinggi yaitu 27,7 °C untuk menghitung TCF.

TABEL V
RATA-RATA RADIASI MATAHARI DAN RATA-RATA SUHU

Bulan	Rata-Rata Iradiasi (kWh/m ² /bln)	Rata-Rata Suhu (°C)	PSH (W/m ² /hari)
Januari	174,7	27,2	5,63
Februari	159,1	27,3	5,48
Maret	179,9	27,4	5,80
April	170,8	27,4	5,69
Mei	159,9	27,4	5,15
Juni	150,5	26,4	5,01

p-ISSN:1693 – 2951; e-ISSN: 2503-2372



Juli	165,1	26,1	5,32
Agustus	186,6	26,0	6,01
September	182,0	26,2	6,06
Oktober	174,8	27,6	5,63
November	171,1	27,7	5,70
Desember	174,9	27,6	5,64
Maksimum	186,6	27,7	6,06
Minimum	150,5	26,0	5,01
Rata-rata	170,78	26,19	5,59

Perencanaan sistem PLTS Off-grid dalam penelitian ini didasarkan pada nilai rata-rata iradiasi matahari terendah, yaitu sebesar 150,5 kWh/m² per bulan atau 5,01 kWh/m² per hari. Pendekatan ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem tetap mampu memenuhi kebutuhan beban listrik meskipun pada kondisi radiasi matahari minimum.

Sementara itu, untuk suhu lingkungan menggunakan nilai suhu maksimum, yakni 27,7°C. Hal ini dimaksudkan agar performa modul fotovoltaik tetap mampu menghasilkan energi yang cukup, meskipun terjadi penurunan efisiensi akibat suhu tinggi.

D. Inverter & SCC

Kapasitas *inverter* dapat dihitung berdasarkan besar daya puncak beban. Pada kebun buah naga, daya puncak beban kelistrikannya adalah 4,71 kW (Tabel 3). Perhitungan kapasitas *inverter* mengacu pada (1).

$$P_{Inverter} = 4,71 \text{ kW} \times 1,25$$

$$P_{Inverter} = 5,8875 \text{ kW}$$

Kapasitas nilai SCC ditentukan berdasarkan tegangan *string* rangkaian panel surya. Perhitungan nilai tegangan *string* PV mengacu pada (2).

$$V_{string \text{ PV}} = 31,8 \text{ v} \times 3$$

$$V_{string \text{ PV}} = 95,4 \text{ V}$$

Kemudian menghitung kapasitas SCC mengacu pada (3).

$$C_{SCC} = \frac{6600 \text{ W} \times 1,25}{95,4}$$

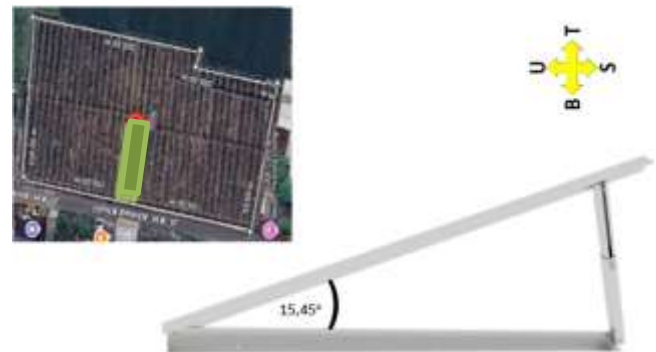
$$C_{SCC} = 86,47 \text{ A}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, kapasitas *inverter* minimum 5,8875 kW dan kapasitas SCC minimum 86,47 A. Merk *inverter* yang digunakan adalah Kenika 6200 dengan kapasitas maksimal daya *input* PV 6500 W dan maksimal *solar charge current* 120 A.

E. Panel Surya

Panel surya yang digunakan dalam perancangan memiliki kapasitas sebesar 550 Wp. Pemilihan merk panel surya dilakukan pada tahap awal, mengingat spesifikasi teknis dari panel tersebut menjadi acuan utama dalam perhitungan luas area *array*, daya puncak yang dapat dihasilkan oleh sistem PLTS, jumlah modul yang dibutuhkan, serta konfigurasi interkoneksi rangkaian panel. Merk panel surya yang dipilih dalam penelitian ini adalah Vertex 550.

Panel surya akan diletakkan pada lahan kosong seluas 4mx10m dengan pemasangan *ground mounting*. Kemiringan panel surya adalah 15,45° menghadap ke utara. Gambar 5 menampilkan posisi pemasangan panel surya dan ilustrasi 2D pemodelan kemiringannya.



Gambar 5. Ilustrasi Pemasangan Panel

$$\alpha = 90^\circ + \text{latitude} - 23,45^\circ$$

$$\alpha = 90^\circ + 8 - 23,45^\circ$$

$$\alpha = 74,55^\circ$$

$$\beta = 90^\circ - \alpha$$

$$\beta = 90^\circ - 74,55^\circ = 15,45^\circ$$

F. Menghitung Area PV

Berdasarkan *datasheet* panel surya Vertex 550 Wp, setiap kenaikan suhu sebesar 1°C dari suhu standar pengujian (STC) sebesar 25°C akan menyebabkan penurunan *output* daya panel sebesar 0,34%. Berdasarkan data pada Tabel 5, rata-rata suhu maksimum di wilayah Kecamatan Gambiran, Banyuwangi tercatat sebesar 27,7°C, yang menunjukkan adanya kenaikan suhu sebesar 2,7°C dari kondisi standar. Perhitungan nilai TCF dan luas area PV mengacu pada (3) dan (4).

$$P_{MPP \text{ } T^\circ\text{C}} = P_{MPP} (T_{coeff \text{ of } P_{max}} \times P_{MPP} \times \Delta T)$$

$$P_{MPP \text{ } T^\circ\text{C}} = 550 - (0,34\% \times 550 \text{ Wp} \times 2,7^\circ\text{C})$$

$$P_{MPP \text{ } T^\circ\text{C}} = 550 - 5,049$$

$$P_{MPP \text{ } T^\circ\text{C}} = 544,951 \text{ W}$$

Maka, nilai TCF:

$$TCF = \frac{544,951 \text{ W}}{550 \text{ W}}$$

$$TCF = 0,99$$

Maka, luas area PV:

$$E_L = 27,74 \text{ kWh/hari}$$

$$G_{av} = 5,01 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$$

$$\eta_{PV} = 21\% = 0,21$$

$$\eta_{Out} = 0,96$$

$$PV_{Area} = \frac{27,74 \text{ kWh/hari}}{5,01 \text{ kWh/m}^2/\text{hari} \times 0,99 \times 0,21 \times 0,96}$$

$$PV_{Area} = 27,43 \text{ m}^2$$

G. Menghitung Daya Puncak PLTS

Estimasi daya yang dihasilkan oleh sistem PLTS mengacu pada (6).

$$P_{peak} = 27,43 \times 1000 \times 0,21$$

$$P_{peak} = 5.760,3 \text{ Wp}$$

H. Menghitung Jumlah Panel Surya

Estimasi kebutuhan jumlah panel surya mengacu pada (7).

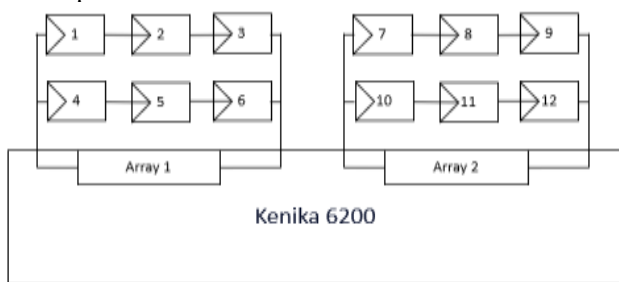
$$\text{Jumlah Modul PV} = \frac{5.760,3 \text{ Wp}}{550}$$

$$\text{Jumlah Modul PV} = 10,47 \approx 12 \text{ unit}$$

I. Konfigurasi Panel Surya

Array 1: Tiga panel dalam rangkaian seri. Total dua string paralel.

Array 2: Tiga panel dalam rangkaian seri. Total dua string paralel.



Gambar 6. Konfigurasi Rangkaian Panel

Gambar 6 menampilkan konfigurasi rangkaian panel surya menggunakan Vertex 550 Wp dan *inverter* Kenika 6200. Total tegangan dan arus yang dihasilkan oleh rangkaian panel surya dalam setiap *array* adalah sebagai berikut:

Array 1 dengan total 6 panel surya

$$V_{MP \text{ array}} = 31,8 \text{ V} \times 3 = 95,4 \text{ V}$$

$$I_{MP \text{ array}} = 17,29 \text{ A} \times 2 = 34,58 \text{ A}$$

$$P_{MAX \text{ array}} = 95,4 \text{ V} \times 34,58 \text{ A} = 3.298,93 \text{ Wp}$$

Array 2 dengan total 6 panel surya

$$V_{MP \text{ array}} = 31,8 \text{ V} \times 3 = 95,4 \text{ V}$$

$$I_{MP \text{ array}} = 17,29 \text{ A} \times 2 = 34,58 \text{ A}$$

$$P_{MAX \text{ array}} = 95,4 \text{ V} \times 34,58 \text{ A} = 3.298,93 \text{ Wp}$$

J. Baterai

Nilai *Depth of Discharge* baterai adalah 60%. Nilai efisiensi merupakan nilai efisiensi dari *inverter* yaitu 96 %. Baterai AGM, meskipun memiliki ketahanan terhadap siklus dalam, tetap menunjukkan penurunan efisiensi dan peningkatan resistansi internal jika sering dioperasikan pada DoD tinggi secara berkelanjutan [13]. Oleh karena itu, pengendalian DoD di sekitar 60% perlu dipertimbangkan sebagai titik optimal antara efisiensi pemanfaatan energi dan perlindungan umur pakai baterai dalam aplikasi sistem penyimpanan energi. Perhitungan kapasitas baterai PLTS *Off-grid* mengacu pada (8).
Aldy Allan Ghozali: Rancang Bangun PLTS *Off-grid*

$$C = (1 \times 27.740 \text{ Wh}) / (48\text{V} \times 60\% \times 96\%)$$

$$C = 27.740 \text{ Wh} / 25,92 \text{ V}$$

$$C = 1.070,21 \text{ Ah}$$

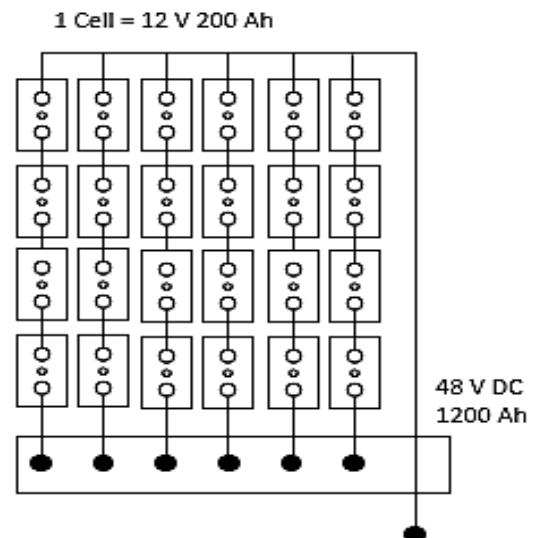
Berdasarkan perhitungan kapasitas baterai, PLTS *Off-grid* pada kebun buah naga membutuhkan setidaknya baterai dengan kapasitas minimal 1.070,21 Ah. Merk baterai yang digunakan adalah Ical Lip 12200G dengan spesifikasi 12 V 200 Ah.

Kebutuhan kapasitas baterai pada perancangan PLTS di kebun buah naga adalah 1.070,21 Ah dengan tegangan sistem sebesar 48 volt. Perhitungan rangkaian baterai mengacu pada (9) dan (10).

$$\text{Jumlah seri} = \frac{48}{12} = 4 \text{ unit}$$

$$\text{Jumlah paralel} = \frac{1070,21}{200} = 5,30 \approx 6 \text{ unit}$$

Total baterai yang dibutuhkan adalah 24 unit. Gambar 7 menampilkan skematik rangkaian 24 unit baterai Ical Lip 12200G dengan tegangan sistem 48 V dan otal kapasitas penyimpanan 1200 Ah.



Gambar 7. Konfigurasi rangkaian baterai

K. Simulasi PVSyst

Berdasarkan perhitungan kapasitas komponen, maka konfigurasi simulasi yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 6.

TABEL VI
KONFIGURASI SIMULASI PVSYST

Daya Rata-Rata	4623 W
Energi Harian Rata-Rata	27,74 kWh
Konfigurasi Baterai	4 seri x 6 paralel, 48 volt
Kapasitas Total Baterai	1200 Ah 28,8 kWh 60% DoD

p-ISSN:1693 – 2951; e-ISSN: 2503-2372



Otonomi Hari	1 hari
Konfigurasi PV	4 string @3 modul PV 550 Wp
Estimasi Area PV	27,43 m ²
Kapasitas PV	6600 Wp

Hasil simulasi PVSyst menghasilkan 3 parameter utama yaitu konsumsi energi, produksi energi, dan *performance ratio*. masing-masing ditampilkan pada Tabel 7.

TABEL VII
HASIL SIMULASI PVSYST

Bulan	Konsumsi Energi	Produksi Energi	Performance Ratio
Januari	810,6 kWh	917 kWh	73%
Pebruari	752,1 kWh	850 kWh	73%
Maret	837,7 kWh	986 kWh	70,2%
April	810,6 kWh	965 kWh	69,4%
Mei	810,2 kWh	937 kWh	72%
Juni	808,5 kWh	900 kWh	75,2%
Juli	837,7 kWh	985 kWh	71,2%
Agustus	837,7 kWh	1014 kWh	68,9%
September	810,6 kWh	1012 kWh	66,3%
Oktober	837,7 kWh	1001 kWh	68,7%
Nopember	774,6 kWh	986 kWh	71%
Desember	809,5 kWh	910 kWh	73,3%
Total	9.737,6 kWh	11.374 kWh	70,9%

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi rancangan PLTS *Off-grid* dengan aplikasi PVSyst, dapat disimpulkan :

- Perancangan PLTS *Off-grid* Kebun Buah Naga Desa Yosomulyo berhasil dalam memenuhi kebutuhan energi listrik kebun buah naga. Dapat dilihat dari hasil simulasi PVSyst yang menunjukkan bahwa jumlah produksi energi listrik oleh rancangan PLTS *Off-grid* lebih besar dari jumlah konsumsi energi listrik kebun buah naga setiap bulannya.
- Rata-rata *performance ratio* perancangan PLTS *Off-grid* Kebun Buah Naga Desa Yosomulyo adalah 70,9%. Artinya, secara teknis performa rancangan sistem PLTS *Off-grid* Kebun Buah Naga Desa Yosomulyo dapat dikatakan cukup baik (layak) karena nilainya $\geq 70\%$.

REFERENSI

- [1] S. Warisono and K. Dahana, "Buku Pintar Bertanam Buah Naga di Kebun, Pekarangan & Dalam Pot". Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, (tanpa tahun).
- [2] I.D. Susanto and M. Rondhi., "Journal of Communication and Agricultural Extension The Effect of Light", (2020).
- [3] H.Firdaus, Indriani, Selamet, and N. R. C. T. Wahyudi. "Powering Dragon Fruit Sukses Berkebun Buah Naga Dengan Teknik Penyinaran Listrik," Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri, (2019).
- [4] Rosidin and T. M. V. Arief, "Cerita di Balik Sinar Terang Lampu Kebun Buah Naga", (2021).
- [5] C. I. Ferdianti and Sudarti, "Evektifitas Penyinaran Untuk Peningkatan Produksi Buah Naga *Lighting Effectiveness to Increase Dragon Fruits Production*". J. Agrifarm Vol. 10(2), (2021).
- [6] Kementerian ESDM. "Kejar NZE, Pemerintah Terus Mendorong Pemanfaatan EBT di Indonesia", available : <https://www.esdm.go.id/id/berita-unit/direktorat-jenderal-ketenagalistrikan/kejar-nze-pemerintah-terus-mendorong-pemanfaatan-ebt-di-indonesia> ,(2022), diakses 20 Juli 2025.
- [7] K. Sumariana, I. N. S. Kumara, and W. G. Ariastina, "Desain dan Analisa Ekonomi PLTS Atap untuk Villa di Bali," Maj. Ilm. Teknol. Elektro, vol. 18, no. 3, p. 337, 2019, doi: 10.24843/mite.2019.v18i03.p06.
- [8] G. Riawan, I. N. S. Kumara, and W. G. Ariastina, "Analisis Performansi dan Ekonomi PLTS Atap 10 kWp pada Bangunan Rumah Tangga di

- Desa Batuan Gianyar," Maj. Ilm. Teknol. Elektro, vol. 21, no. 1, p. 63, 2022, doi: 10.24843/mite.2022.v21i01.p09.
- [9] A.S. Murti, I. N. S. Kumara, and W.G. Ariastina, "Analisis Investasi PLTS 8 kWp On-Grid Pada Bangunan Apartemen Pariwisata di Bali", Maj. Ilm. Teknol. Elektro, vol. 23, no. 2, p. 223, 2022, doi: <https://doi.org/10.24843/MITE.2024.v23i02.P05> .
- [10] S. Junior, I. N. S. Kumara, and I. A. D. Giriantari, "Perkembangan Pemanfaatan PLTS di DKI Jakarta Menuju Target 13,8 MW Tahun 2025". Jurnal SPEKTRUM Vol. 9(1), (2022).
- [11] K. A. Setiawan, I. N. S. Kumara, and I. W. Sukerayasa, "Analisis Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Satu Mwp Terinterkoneksi Jaringan Di Kayubih, Bangli". Majalah Ilmiah Teknologi Elektro Vol. 13(1), (2014).
- [12] J. O. Ken, I. N. Setiawan, and Kumara, I N. S., "Desain PLTS *Off-Grid* Berdasarkan Analisis Otonomi Baterai Lead Acid Opzv Di Adidaya Workshop, Jakarta Barat. Jurnal SPEKTRUM Vol. 10(3), (2023).
- [13] P. Mohanty, K. R. Sharma, Dkk, "PV System Design for Off-Grid Applications PV System Design for Off-Grid Applications", (2015).
- [14] Chauhan and R.P. Saini, "A review on integrated renewable energy system based power generation for stand-alone applications: Configurations, storage options, sizing methodologies and control". Renewable and Sustainable Energy Reviews, 38, 99–120, (2014).
- [15] Battery University, "How to Measure State-of-Charge". Retrieved from <https://batteryuniversity.com> (2023), diakses 31 Juli 2025.
- [16] M. A. A. Akbar, A. M. S. Yunus, and J. Tanko, PVSYST-Based Solar Power Plant Planning. INTEK Jurnal Penelitian Vol.9(2), (2022).
- [17] R. Fahrizal, Erlina, and H. Suyanto, "Perencanaan PLTS Off Grid Dengan Daya Output 17,694 Kwh Pada Usaha Dagang Warung Kopi Yahbit Kupi Banda Aceh". Diss. Institut Teknologi PLN Vol.9(1), (2021).
- [18] V. R. Kossi, "Perencanaan PLTS Terpusat (Off-grid) di Dusun Tikalong Kabupaten Mempawah". Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura, 2(1), (2018).
- [19] K. Liu, K. Li, Q. Peng, and C. Zhang, "A Brief Review On Key Technologies In The Battery Management System Of Electric Vehicles". Frontiers of Mechanical Engineering, 10(2), 101–106, (2015).
- [20] M. Naim, "Rancangan Sistem Kelistrikan PLTS Off-grid 1000 Watt Di Desa Loeha Kecamatan Towuti". Vertex Elektro, 12(1), pp.17-25, (2020).
- [21] H. A. Putro, dkk, "Stabilisasi Penerangan Kebun Buah Naga Berbasis Solar Panel". Jurnal Teknik Elektro Universitas Negeri Palembang Vol 13(1), (2021).
- [22] B. Ramadhani, "Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts". Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Energising Development (Endev) Indonesia Jakarta, pp.23-28, (2018).
- [23] D.T. Laksono, L.A.C.D. Pratama, dkk, "Simulasi dan Perancangan PLTS *Off-grid* 3kW Menggunakan Software PVSyst". JTE UNIBA Vol. 9(2) (2025).