

# PERANCANGAN PLTS SEBAGAI SUPLAI DAYA POMPA AIR TEMEGA PERUMDA TIRTA TOHLANGKIR KECAMATAN KARANGASEM

I Komang Bagus Andriantara<sup>1</sup>, I Nyoman Setiawan<sup>2</sup>, I Wayan Sukerayasa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

<sup>23</sup>Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jalan Raya Kampus Unud, Bukit Jimbaran, Badung, Bali 80361

[andriantara@student.unud.ac.id](mailto:andriantara@student.unud.ac.id)<sup>1</sup>, [setiawan@unud.ac.id](mailto:setiawan@unud.ac.id)<sup>2</sup>, [sukerayasa@unud.ac.id](mailto:sukerayasa@unud.ac.id)<sup>3</sup>

## ABSTRAK

Penelitian ini membahas perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai suplai daya pompa air Temega Perumda Tirta Tohlangkir Kecamatan Karangasem, Bali. Pompa air Temega saat ini menggunakan daya listrik sebesar 11 kW dengan biaya operasional yang tinggi sehingga PLTS dirancang untuk mengurangi ketergantungan pada listrik PLN serta menurunkan biaya operasional. Penelitian ini terfokus ke hasil analisis simulasi skenario 1, 2, dan 3 menggunakan perangkat lunak PVSyst. Simulasi skenario 1 menggunakan 48 modul surya (16 seri dan 3 paralel) untuk memenuhi kebutuhan energi harian pompa 26,64 kWp. Simulasi skenario 2 menggunakan 30 modul surya (15 seri dan 2 paralel) untuk memenuhi kebutuhan energi harian pompa 16,65 kWp. Simulasi skenario 3 menggunakan 26 modul surya (13 seri dan 2 paralel) untuk memenuhi kebutuhan energi harian pompa 14,43 kWp. Hasil penelitian menunjukkan bahwa simulasi skenario satu menghasilkan energi tertinggi namun menyebabkan surplus energi, sedangkan skenario dua dan tiga lebih efisien dalam meminimalkan energi terbuang, yaitu 0 kWh/tahun.

**Kata kunci:** PLTS, Pompa Air, Energi Terbarukan, PVSyst.

## ABSTRACT

*This research discusses the design of Solar Power Plant (PLTS) as a power supply for Temega water pump Perumda Tirta Tohlangkir Karangasem District, Bali. The Temega water pump currently uses 11 kW of electrical power with high operational costs so that the PLTS is designed to reduce dependence on PLN electricity and reduce operational costs. This research focuses on the results of simulation analysis of scenarios 1, 2, and 3 using PVSyst software. Simulation scenario 1 uses 48 solar modules (16 in series and 3 in parallel) to meet the daily energy demand of 26.64 kWp pump. Scenario 2 simulation uses 30 solar modules (15 in series and 2 in parallel) to meet the daily energy demand of 16.65 kWp pumps. Simulation scenario 3 uses 26 solar modules (13 in series and 2 in parallel) to meet the daily energy needs of the pump of 14.43 kWp. The results show that scenario one simulation produces the highest energy but causes an energy surplus, while scenarios two and three are more efficient in minimizing wasted energy, which is 0 kWh/year.*

**Key Words:** Solar Power Plant, water pump, renewable energy, PVSyst.

## 1. PENDAHULUAN

Energi surya merupakan salah satu energi terbarukan yang melimpah dan tersebar di seluruh wilayah Indonesia.

Menurut data Kementerian Energi Sumber Daya Mineral (ESDM), diperkirakan potensi Energi Baru dan Terbarukan (EBT) sebesar

3.686 GW yang berasal dari energi surya (3.295 GW), bayu (155 GW), hidro (95 GW), bioenergi (57 GW), panas bumi (24 GW), dan laut (60 GW) [1]. Bali memiliki potensi pemanfaatan PLTS sebesar 1.254 MW, namun pada tahun 2020 pemanfaatan PLTS di Bali hanya sebesar 3,71 MWp[2]. Pemanfaatan potensi PLTS tersebut masih jauh dari target RUEN (Rencana Umum Energi Nasional) sehingga perlu adanya percepatan peningkatan pengoperasian PLTS.

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) memanfaatkan cahaya matahari dan diubah menjadi energi listrik menggunakan sel fotovoltaik yang terdiri dari material semikonduktor [3]. Energi listrik yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi penggerak, salah satu pemanfaatan PLTS yaitu pada pompa untuk kebutuhan pengairan. Penggunaan teknologi fotovoltaik (PV) pada Sistem Pompa Air Tenaga Surya (SPATS) terutama di daerah terpencil dapat digunakan secara efektif untuk menyediakan air bersih, mendukung sistem irigasi, dan memenuhi kebutuhan peternakan.

Penelitian yang dilakukan oleh Kusuma pada tahun 2020 menggunakan PLTS 20 kWp sebagai suplai daya untuk memenuhi kebutuhan air di Desa Tianyar Tengah Banjar Bukit Labuh, Kabupaten Karangasem. Pompa air yang digunakan yaitu tipe *DC submersible Lorentz PS2-4000 C-SJ3-32* dengan total *head* 108,6 m dan panjang pipa 1.640 m yang membutuhkan daya sebesar 2,96 kW disuplai dari PLTS 20 kWp Tianyar Tengah. Membutuhkan kabel 1.640 m dan tegangan jatuh 8, 183 volt. Berdasarkan perancangan tersebut pompa mampu beroperasi selama 7 jam dengan debit air 4,2 m<sup>3</sup>/h sehingga menghasilkan 29.400 liter air untuk memenuhi kebutuhan air warga Desa Banjar Bukit Labuh [4].

Pada penelitian ini akan dilakukan simulasi kinerja PLTS sebagai suplai daya pompa air Temega Perumda Tirta Tohlangkir menggunakan *software PVSyst*. Daerah terpasangnya pompa air Temega

memiliki radiasi matahari yang tinggi dengan rata-rata 5,3 kWh/m<sup>2</sup>/hari, sehingga potensi energi yang dihasilkan PLTS sangat optimal. *PVSyst* digunakan untuk mengoptimalkan desain PLTS yang akan digunakan sebagai suplai daya pompa air Temega. *PVSyst* membantu dalam merancang sistem PLTS dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti radiasi matahari, suhu, bayangan (*shading*), dan orientasi panel surya. Dengan simulasi ini, sistem dapat dirancang untuk mendapatkan *output* energi maksimal dari modul surya yang dipasang.

Simulasi kinerja PLTS akan diuji dengan tiga skenario sistem PLTS kemudian dianalisis menggunakan *PVSyst*. Setiap skenario dianalisis untuk melihat bagaimana sistem PLTS dapat memenuhi kebutuhan energi pompa air. Simulasi menghasilkan data seperti energi tahunan yang diproduksi, rasio kinerja (*performance ratio*), dan diagram kerugian (*loss diagram*), yang digunakan untuk mengoptimalkan sistem.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan suatu sistem yang digunakan untuk mengaplikasikan penggunaan energi matahari sebagai energi listrik terbarukan dengan memanfaatkan teknologi sel surya (fotovoltaik) sebagai penghasil energi listrik [3].



Gambar 1. Pompa Air Tenaga Surya [5]

Fotovoltaik merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengubah energi surya (foton) menjadi listrik arus searah (DC). Suatu pembangkit listrik tenaga surya

memiliki tiga komponen utama yaitu, baterai, inverter, dan panel surya. PLTS tidak memiliki daya konstan karena tingkat radiasi matahari di daerah terpasang selalu berubah setiap waktu sehingga akan berpengaruh pada kapasitas keluaran dari PLTS.

**2.2 Iradiasi Matahari**

Iradiasi merupakan daya yang diterima dari matahari dalam bentuk gelombang elektromagnetik dalam satuan Wh/m<sup>2</sup>. Semakin banyak radiasi matahari yang diterima oleh sel surya maka akan semakin besar arus dan tegangan yang dihasilkan [7].

**2.3 Suhu Rata-rata Kabupaten Karangasem**

Suhu merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kinerja pembangkit listrik dan hasil energi listrik yang diproduksi. Suhu modul surya dapat mempengaruhi energi yang akan dibangkitkan karena energi yang dihasilkan dapat menurun seiring dengan meningkatnya suhu, hal ini bergantung pada besar koefisien suhu pada modul surya. Penurunan produksi energi diakibatkan kenaikan suhu sekitar 0,4% setiap peningkatan 1°C [8]. Suhu rata-rata daerah Kabupaten Karangasem disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Rata-rata Suhu Kabupaten Karangasem Tahun 2023 [9]

Bulan	Rata-rata Suhu (°C)
Januari	27,2
Februari	26,3
Maret	27,9
April	28,1
Mei	28,3
Juni	28,2
Juli	27,0
Agustus	27,1
September	27,9
Oktober	30,1
November	30,3
Desember	29,5

**2.4 Bayangan (Shading)**

Efek bayangan (*partial shading*) merupakan suatu kondisi ketika beberapa bagian permukaan modul surya tertutup dari paparan sinar matahari. Kondisi efek bayangan disebabkan oleh suatu objek yang menghalangi sel surya, sehingga daya keluaran yang dihasilkan sel surya menurun

[7]. Beberapa jenis bayangan yang dapat mempengaruhi kinerja modul surya, yaitu: bayangan awan, pohon, debu, dan kotoran hewan.

**2.5 Inklinasi dan Orientasi Panel Surya**

Sudut kemiringan modul surya sangat mempengaruhi iradiasi matahari dipermukaan modul surya [7]. Modul fotovoltaik (PV) hanya akan berfungsi secara efektif jika menerima cahaya langsung dalam arah normal yaitu tegak lurus dengan permukaan PV modul. Datangnya sinar matahari bervariasi, hal ini dikarenakan berdasarkan garis lintang dan deklinasi matahari selama setahun. Efisiensi panel surya terbesar terjadi ketika posisi panel surya terhadap sudut datang iradiasi matahari sebesar 90°. Perhitungan kemiringan pemasangan modul surya menggunakan Persamaan 1 dan 2 [10].

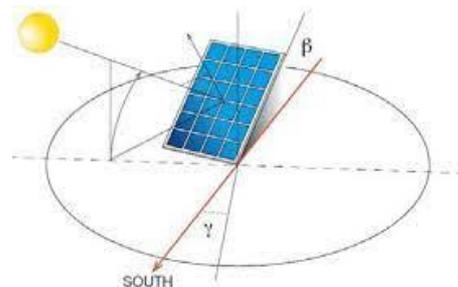
$$\alpha = 90^\circ - lat + \delta \text{ (N hemisphere)} \quad (1)$$

$$\alpha = 90^\circ + lat - \delta \text{ (S hemisphere)} \quad (2)$$

$\alpha$  menunjukkan ketinggian maksimum matahari dalam derajat (°),  $lat$  adalah koordinat garis lintang dalam derajat (°), dan  $\delta$  sudut deklinasi matahari sebesar 23,45°. Kemiringan panel surya ditunjukkan oleh Persamaan 3 [10].

$$\beta = 90^\circ - \alpha \quad (3)$$

$\beta$  menunjukkan kemiringan panel surya dalam (°),  $\alpha$  menunjukkan ketinggian maksimum matahari dalam derajat (°). Ilustrasi pengaturan sudut kemiringan panel surya ( $\beta$ ) serta orientasi panel surya terhadap garis khatulistiwa ( $\gamma$ ) ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Orientasi dan Kemiringan Panel Surya [12]

Azimuth ( $\gamma$ ) merupakan besar sudut antara utara magnetis ( $0^\circ$ ) dengan titik yang dituju. Panel surya yang berada dibagian utara belahan bumi sebaiknya diorientasikan menghadap ke arah selatan menghadap garis khatulistiwa, sedangkan panel surya yang berada pada belahan bumi bagian selatan sebaiknya diorientasikan menghadap ke arah utara agar panel surya dapat menghadapkan iradiasi matahari yang paling tinggi.

### 2.6 Inverter

*Inverter* merupakan perangkat nonlinier yang berfungsi untuk mengubah tegangan DC menjadi AC melalui proses *switching*. *Inverter* disusun oleh komponen semikonduktor seperti *diode* dan transistor [12].

### 2.7 Menghitung Kapasitas PLTS

PV area digunakan untuk menunjukkan luas area panel surya dalam satuan  $m^2$ . Untuk menghitung area *array* PLTS menggunakan Persamaan 5 [10].

$$PV \text{ Area} = \frac{E_L}{G_{av} \times \eta_{pv} \times TCF \times \eta_{out}} \quad (5)$$

$E_L$  adalah pemakaian energi listrik selama satu hari dalam kWh, TCF adalah faktor koreksi suhu,  $\eta_{pv}$  adalah efisiensi modul surya dalam persen (%),  $\eta_{out}$  adalah efisiensi *inverter* dalam persen (%), dan  $G_{av}$  adalah iradiasi matahari dalam kWh/ $m^2$ .

Untuk menghitung daya PLTS menggunakan Persamaan 6 [10].

$$P \text{ watt peak} = PV \text{ Area} \times PSI \times \eta_{pv} \quad (6)$$

Perhitungan jumlah kebutuhan modul surya dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 7 [10].

$$\text{Jumlah modul surya} = \frac{P_{PLTS}}{P_{Modul \text{ Surya}}} \quad (7)$$

Jumlah modul surya menunjukkan jumlah modul surya dalam unit,  $P_{PLTS}$  adalah daya yang dibangkitkan PLTS dalam  $W_p$ , dan  $P_{Modul \text{ Surya}}$  adalah daya modul surya dalam  $W_p$ .

Perhitungan konfigurasi seri-paralel digunakan untuk mengetahui tegangan dan arus *input* DC dari panel surya ke inverter.

Perhitungan yang digunakan untuk menghitung banyaknya modul yang diseri maupun diparalel menggunakan Persamaan 8 [10].

$$\text{Min. series} = \frac{V_{min.Inverter}}{V_{OC.PV}} \quad (8)$$

*Min.series* menunjukkan jumlah minimum susunan seri modul surya,  $V_{min.Inv}$  adalah tegangan *input* minimum *inverter* dalam V, dan  $V_{OC.PV}$  adalah tegangan rangkaian terbuka modul surya dalam V.

$$\text{Max. series} = \frac{V_{max.Inverter}}{V_{mpp.PV}} \quad (9)$$

*Max.series* menunjukkan jumlah maksimum susunan seri modul surya,  $V_{max.Inv}$  adalah tegangan *input* maksimum *inverter* dalam V, dan  $V_{mpp.PV}$  adalah tegangan maksimum modul surya dalam V.

$$\text{Max. Parallel} = \frac{I_{max.Inverter}}{I_{mpp.PV}} \quad (10)$$

*Max.Parallel* menunjukkan jumlah maksimum susunan parallel modul surya,  $I_{max.Inv}$  menunjukkan arus *input* maksimum *inverter* dalam A, dan  $I_{mpp.PV}$  adalah arus maksimum modul surya dalam A.

### 2.8 Pompa Air

PATS atau Pompa Air Tenaga Surya merupakan pompa air yang kebutuhan daya listrik disuplai oleh pembangkit listrik tenaga surya. Pada umumnya pompa air tenaga surya menerapkan *Submersible Pump*, dengan DC motor *brushless 3 phase*, sehingga PATS memiliki *range voltage* yang lebih besar jika dibandingkan motor AC. *Controller* pompa akan mengatur tegangan dan arus ke motor *brushless 3 phase* serta kecepatan putar motor yang dapat disesuaikan.



Gambar 3. Pompa Air *Submersible* [13]

Gambar 3 merupakan jenis pompa yang digunakan di Temega Perumda Tirta Tohlangkir yang menggunakan jenis *submersible pump* sebanyak satu buah pompa dengan daya 11 kW, 15 HP.

**2.9 PVSyst**

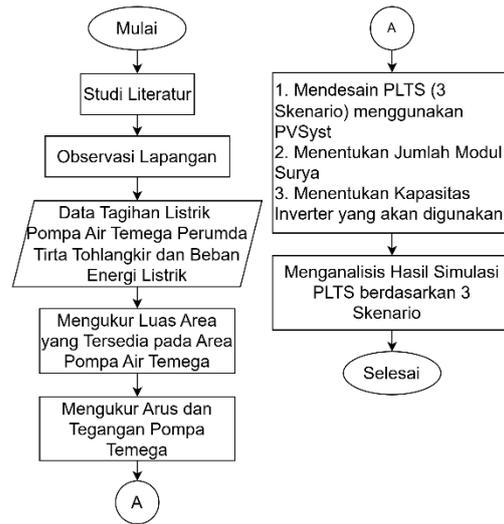
*Photovoltaic software (PVSyst)* merupakan *software* yang digunakan untuk keperluan desain dan evaluasi sistem PLTS. *Software PVSyst* diakui dan digunakan secara internasional untuk melakukan studi perencanaan dan kinerja sistem fotovoltaik. Metode simulasi dilakukan berdasarkan realisasi perjam sepanjang tahun untuk menghitung kombinasi terkait jumlah energi maksimum antara radiasi global, kecepatan angin, dan suhu yang bersumber dari *database* parameter dan data radiasi dalam kurun waktu tertentu [14]. Gambar 4 merupakan logo dari *software PVSyst*.



Gambar 4. Logo *PVSyst* [15].

**3. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan dengan mensimulasikan pemasangan PLTS pada *software PVSyst* untuk mengetahui daya yang dapat disuplai ke pompa temega milik Perumda Tirta Tohlangkir, Kabupaten Karangasem, Bali. Pengumpulan data kebutuhan suplai daya listrik untuk pompa air diperoleh dari survei lapangan. Data yang diperoleh dari lapangan digunakan untuk perancangan dan analisis sistem PLTS. Gambar 5 menunjukkan skematik metodologi dari penelitian Perancangan PLTS sebagai Suplai Daya Pompa Air Temega Perumda Tirta Tohlangkir Kecamatan Karangasem.



Gambar 5. Tahap Perancangan PLTS sebagai Suplai Daya Pompa Air Temega

Berdasarkan Gambar 5, langkah pertama yang dilakukan, yaitu: studi literatur melalui buku, jurnal, dan penelitian terdahulu mengenai perancangan PLTS, *datasheet* komponen PLTS, *datasheet* pompa air, dan pengoperasian *software PVSyst*. Selanjutnya, melakukan kunjungan ke pompa air Temega di Karangasem untuk mencari data tagihan listrik pompa air, beban energi listrik, mengukur luas area dilokasi pompa air Temega, mengukur arus dan tegangan untuk mengetahui pola beban harian pompa air. Kemudian tahap perancangan dilanjutkan dengan melakukan simulasi menggunakan *software PVSyst* berdasarkan tiga skenario yang dirancang untuk menyuplai daya ke pompa air. Perancangan ini melibatkan pemilihan modul surya, *inverter*, serta konfigurasi pemasangan modul surya.

Langkah selanjutnya yaitu menganalisis hasil simulasi PLTS berdasarkan 3 skenario. Berdasarkan data dari simulasi *PVSyst*, sistem dapat dioptimalkan agar tidak hanya efisien dari segi energi, tetapi juga layak secara ekonomi. Metode optimasi ini memastikan bahwa PLTS dapat memenuhi kebutuhan energi pompa air secara maksimal. Setelah tahap analisis hasil simulasi di *software PVSyst*.

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Konsumsi Energi Listrik Pompa Air Temega di Perumda Tirta Tohlangkir**

Data konsumsi energi listrik pompa air Temega di Perumda Tirta Tohlangkir bersumber dari PT PLN UP3 Bali Timur yang didapat dari bulan Januari-Desember 2022 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Konsumsi Energi Listrik Pompa Air Temega Perumda Tirta Tohlangkir Tahun 2022

Bulan	Pemakaian (kWh)
Januari	9.151
Februari	8.873
Maret	9.085
April	9.080
Mei	8.525
Juni	8.991
Juli	8.833
Agustus	8.684
September	9.156
Oktober	8.798
November	9.050
Desember	8.759
<b>Total</b>	<b>106.985</b>

Berdasarkan Tabel 3, konsumsi energi listrik untuk kebutuhan pompa air Temega tertinggi berada pada bulan September tahun 2022, sedangkan konsumsi energi terendah berada pada bulan Mei tahun 2022.

**4.2 Konsumsi Energi Listrik Harian**

Pengukuran arus dan tegangan diukur menggunakan avometer, sehingga diketahui pola beban harian pada pompa Temega di Perumda Tirta Tohlangkir. Pengukuran dilakukan dari pukul 06.00 pagi hingga pukul 18.00 sore dengan rentang waktu observasi selama 1 minggu. Data konsumsi energi listrik pompa Temega di Perumda Tirta Tohlangkir disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Konsumsi Energi Listrik Harian

Waktu	Energi Harian (kWh)	
06.00 – 18.00	Hari 1	141,75
	Hari 2	142,22
	Hari 3	142,38
	Hari 4	142,18
	Hari 5	142,47
	Hari 6	142,94
	Hari 7	142,43

**4.3 Iradiasi Matahari**

Data iradiasi matahari pada Tabel 5 berdasarkan data *access viewer* dari *website* NASA dan juga menggunakan perbandingan harian matahari dari data *Meteornom*, namun pada simulasi data iradiasi yang digunakan menggunakan data yang bersumber dari *Meterornom* karena sudah tersedia pada aplikasi simulasi yang digunakan.

Tabel 5. Data Iradiasi Harian Matahari

Bulan	Data Access Viewer (kWh/m <sup>2</sup> /hari)	Meteornom (kWh/m <sup>2</sup> /hari)
Januari	5,13	5,40
Februari	5,33	5,03
Maret	5,52	5,06
April	5,49	5,65
Mei	5,03	4,83
Juni	4,79	4,64
Juli	4,97	4,98
Agustus	5,45	5,43
September	5,91	5,76
Oktober	5,47	5,74
November	5,06	6,34
Desember	4,89	6,06
<b>Rata-rata</b>	<b>5,25</b>	<b>5,50</b>

**4.4 Inverter**

*Inverter brand Growatt* dipilih karena *inverter* ini kompatibel dengan semua spesifikasi panel surya dan interkoneksinya, memiliki efisiensi dan *performance* tinggi, *losses* rendah serta harga lebih ekonomis. Tabel 6 merupakan spesifikasi *inverter Growatt* yang digunakan.

Tabel 6. Spesifikasi *Inverter* [16]

Spesifikasi	Inverter		
	Growatt MID 25KTL3-X1	Growatt MID 15KTL3-X	Growatt MOD 13KTL3-X
<b>Input (DC)</b>			
<i>Max. recommended PV power (for module STC)</i>	37.500 W	22.500 W	19.500 W
<i>Max. DC voltage</i>	1100 V	1100 V	1100 V
<i>MPP Voltage Range</i>	200 – 1000 V	200 – 1000 V	200 – 1000 V
<i>Min. Input Voltage</i>	250 V	250 V	250 V
<i>Max. input current per MPP trackers</i>	26A*3	25A*2	25A*2

Max. short-circuit current per MPP trackers	40A*3	32A*2	32A*2
No. of MPP trackers	3	2	2
<b>Output (AC)</b>			
Rated Power	25 kW	15 kW	13 kW
Max. Power AC	27,7 kVA	16,6 kVA	16,5 kVA
Nominal AC Voltage	230/400 V 340-440 V	230/400 V 340-440 V	230/400 V 340-440 V
AC Power Frequency	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Max. Output Current	42,1 A	24,2 A	21,7 A
Max. Efficiency	98,8 %	98,8 %	98,8 %

**4.5 Perencanaan PLTS**

**4.5.1 Pemilihan Modul Surya**

Modul surya yang digunakan memiliki tipe *Canadian Solar CS6W-555 Monocrystalline* dengan daya *output* per modulnya sebesar 550 Wp.

**4.5.2 Orientasi Kemiringan Modul Surya**

Nilai  $\delta$  (sudut deklinasi) matahari sebesar  $23,45^\circ$  dan Lat (*latitude*) sebesar  $8,44^\circ$ . Agar mendapatkan iradiasi yang optimal, nilai orientasi kemiringan modul surya dapat dihitung menggunakan Persamaan 2 dan 3, sehingga:

$$\alpha = 90^\circ + lat - \delta$$

$$\alpha = 90^\circ + 8,44^\circ - 23,45^\circ$$

$$\alpha = 74,99^\circ$$

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

$$\beta = 90^\circ - 74,99^\circ$$

$$\beta = 15,01^\circ$$

Maka diperoleh sudut kemiringan optimal panel surya sebesar  $15,01^\circ$ .

**4.5.3 Perhitungan Luas PV, Daya yang akan dibangkitkan PLTS, dan Jumlah Modul Surya**

Perhitungan luas area PV menggunakan Persamaan 5 untuk skenario 1,2, dan 3. Berdasarkan Tabel 4, pemilihan pemakaian konsumsi energi tertinggi yang digunakan yaitu sebesar 142,94 kWh.

**A. Skenario 1**

Perancangan PLTS pada skenario 1 menyuplai seluruh kebutuhan energi

pompa air dari pagi hingga sore, sehingga didapat hasil:

$$PV\ Area = \frac{E_L}{G_{av} \times \eta_{pv} \times TCF \times \eta_{out}}$$

$$PV\ Area = \frac{142,94\ kWh}{5,5\ kWh/m^2/hari \times 0,215 \times 0,97 \times 0,988}$$

$$PV\ Area = 126,13\ m^2$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan luas yang dibutuhkan sebesar  $126,13\ m^2$ . Setelah mendapatkan luas PV, selanjutnya menghitung daya yang akan dibangkitkan menggunakan Persamaan 6, sehingga didapat hasil:

$$P\ watt\ peak = PV\ Area \times PSI \times \eta_{pv}$$

$$P\ watt\ peak = 126,13\ m^2 \times 1000\ W/m^2 \times 0,215$$

$$P\ watt\ peak = 27,11\ kWp$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan daya yang akan dibangkitkan sebesar  $27,11\ kWp$ . Setelah mendapatkan daya yang dibangkitkan, selanjutnya menghitung jumlah modul yang dibutuhkan dengan Persamaan 7, sehingga didapat hasil:

$$Jumlah\ modul\ surya = \frac{Kapasitas\ PLTS}{Kapasitas\ Modul\ Surya}$$

$$Jumlah\ modul\ surya = \frac{27.118\ Wp}{555\ Wp}$$

$$Jumlah\ modul\ surya = 48\ modul$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan jumlah modul yang dibutuhkan sebanyak 48 modul, maka dapat dijadikan acuan dalam melakukan simulasi pada aplikasi PVSyst.

**B. Skenario 2**

Perancangan PLTS pada skenario 2 akan menyuplai kebutuhan energi pompa dengan asumsi sebesar 60% dari kebutuhan pompa, sehingga didapat hasil:

$$PV\ Area = \frac{E_L \times 60\%}{G_{av} \times \eta_{pv} \times TCF \times \eta_{out}}$$

$$PV\ Area = \frac{142,94\ kWh \times 60\%}{5,5\ kWh/m^2/hari \times 0,215 \times 0,97 \times 0,988}$$

$$PV\ Area = 75,89\ m^2$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan luas yang dibutuhkan sebesar 75,89 m<sup>2</sup>. Setelah mendapatkan luas PV, selanjutnya menghitung daya yang akan dibangkitkan menggunakan Persamaan 6, sehingga didapat hasil:

$$P \text{ watt peak} = PV \text{ Area} \times PSI \times \eta_{pv}$$

$$P \text{ watt peak} = 75,89 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ W/m}^2 \times 0,215$$

$$P \text{ watt peak} = 16,31 \text{ kWp}$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan daya yang akan dibangkitkan sebesar 16,31 kWp. Setelah mendapatkan daya yang dibangkitkan, selanjutnya menghitung jumlah modul yang dibutuhkan dengan Persamaan 7, sehingga didapat hasil:

$$Jumlah \text{ modul surya} = \frac{Kapasitas \text{ PLTS}}{Kapasitas \text{ Modul Surya}}$$

$$Jumlah \text{ modul surya} = \frac{16.317 \text{ Wp}}{555 \text{ Wp}}$$

$$Jumlah \text{ modul surya} = 30 \text{ modul}$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan jumlah modul yang dibutuhkan sebanyak 30 modul, maka dapat dijadikan acuan dalam melakukan simulasi pada aplikasi PVSyst.

### C. Skenario 3

Perancangan PLTS pada skenario 3 akan menyuplai kebutuhan energi pompa dengan asumsi sebesar 50% dari kebutuhan pompa, sehingga didapat hasil:

$$PV \text{ Area} = \frac{E_L \times 50\%}{G_{av} \times \eta_{pv} \times TCF \times \eta_{out}}$$

$$PV \text{ Area} = \frac{142,94 \text{ kWh} \times 50\%}{5,5 \text{ kWh/m}^2/\text{hari} \times 0,215 \times 0,97 \times 0,988}$$

$$PV \text{ Area} = 63,24 \text{ m}^2$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan luas yang dibutuhkan sebesar 63,24 m<sup>2</sup>. Setelah mendapatkan luas PV, selanjutnya menghitung daya yang akan dibangkitkan menggunakan Persamaan 6, sehingga didapat hasil:

$$P \text{ watt peak} = PV \text{ Area} \times PSI \times \eta_{pv}$$

$$P \text{ watt peak} = 63,24 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ W/m}^2 \times 0,215$$

$$P \text{ watt peak} = 13,598 \text{ kWp}$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan daya yang akan dibangkitkan sebesar 13,59 kWp. Setelah mendapatkan daya yang dibangkitkan, selanjutnya menghitung jumlah modul yang dibutuhkan dengan Persamaan 7, sehingga didapat hasil:

$$Jumlah \text{ modul surya} = \frac{Kapasitas \text{ PLTS}}{Kapasitas \text{ Modul Surya}}$$

$$Jumlah \text{ modul surya} = \frac{13,59 \text{ Wp}}{555 \text{ Wp}}$$

$$Jumlah \text{ modul surya} = 24,5 \approx 26 \text{ modul}$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan jumlah modul yang dibutuhkan sebanyak 26 modul, maka dapat dijadikan acuan dalam melakukan simulasi pada aplikasi PVSyst.

### 4.5.6 Konfigurasi Seri-Paralel

Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas daya PLTS yang dibangkitkan terdapat 3 skenario yang direncanakan sehingga untuk mengetahui banyaknya susunan pemasangan modul surya maka diperlukan perhitungan dengan rumus persamaan 8, persamaan 9, dan persamaan 10, yaitu sebagai berikut.

#### A. Skenario 1

Pada skenario 1 jumlah modul yang direncanakan sebanyak 48 modul dengan menggunakan *datasheet* modul surya dan *inverter* maka didapatkan susunan seri paralel sebagai berikut.

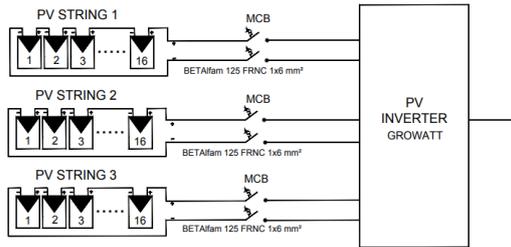
$$Min. \text{ series} = \frac{250 \text{ V}}{49,8 \text{ V}} = 5 \text{ unit}$$

$$Max. \text{ series} = \frac{1100 \text{ V}}{41,9 \text{ V}} = 26 \text{ unit}$$

$$Max. \text{ Parallel} = \frac{40 \text{ A}}{13,25 \text{ A}} = 3 \text{ unit}$$

PLTS yang dapat dibangkitkan memiliki potensi daya sebesar 27,11kWp, sehingga diperlukan konfigurasi modul surya seri paralel yang disusun secara seri berjumlah

16 dan paralel berjumlah 3 dengan 1 *inverter*. Gambar 5 merupakan konfigurasi panel surya untuk skenario 1.



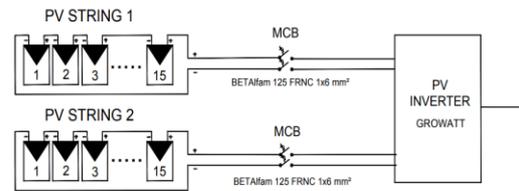
Gambar 5. Konfigurasi Panel Surya Skenario 1

B. Skenario 2

Pada skenario 2 jumlah modul yang direncanakan sebanyak 30 modul dengan menggunakan *datasheet* modul surya dan *inverter* maka didapatkan susunan seri paralel sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Min. series} &= \frac{250 \text{ V}}{49,8 \text{ V}} = 5 \text{ unit} \\ \text{Max. series} &= \frac{1100 \text{ V}}{41,9 \text{ V}} = 26 \text{ unit} \\ \text{Max. Parallel} &= \frac{32 \text{ A}}{13,25 \text{ A}} = 2 \text{ unit} \end{aligned}$$

PLTS yang dapat dibangkitkan memiliki potensi daya sebesar 16,31 kWp, sehingga diperlukan konfigurasi modul surya seri paralel yang disusun secara seri berjumlah 15 dan paralel berjumlah 2 dengan 1 *inverter*. Gambar 6 merupakan konfigurasi panel surya untuk skenario 2.



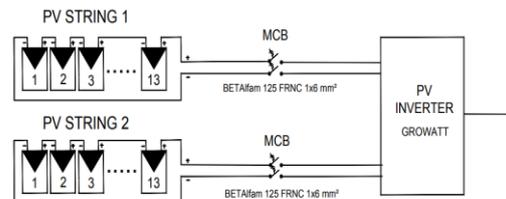
Gambar 6. Konfigurasi Panel Surya Skenario 2

C. Skenario 3

Pada skenario 3 jumlah modul yang direncanakan sebanyak 26 modul dengan menggunakan *datasheet* modul surya dan *inverter* maka didapatkan susunan seri paralel sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Min. series} &= \frac{250 \text{ V}}{49,8 \text{ V}} = 5 \text{ unit} \\ \text{Max. series} &= \frac{1100 \text{ V}}{41,9 \text{ V}} = 26 \text{ unit} \\ \text{Max. Parallel} &= \frac{32 \text{ A}}{13,25 \text{ A}} = 2 \text{ unit} \end{aligned}$$

PLTS yang dapat dibangkitkan memiliki potensi daya sebesar 13,59 kWp, sehingga diperlukan konfigurasi modul surya seri paralel yang disusun secara seri berjumlah 13 dan paralel berjumlah 2 dengan 1 *inverter*. Gambar 7 merupakan konfigurasi panel surya untuk skenario 3.



Gambar 7. Konfigurasi Panel Surya Skenario 3

#### 4.6 Simulasi PVSyst

##### 4.6.1 Hasil Simulasi PVSyst Skenario 1

Pada skenario 1 simulasi menggunakan modul surya *Canadian solar* dengan daya modul surya sebesar 555 Wp dan *inverter*

yang digunakan *Growatt MID 25KTL3-X1*. Gambar 8 merupakan hasil simulasi PVSyst skenario 1.

PV Array Characteristics			
<b>PV module</b>		<b>Inverter</b>	
Manufacturer	CSI Solar	Manufacturer	Growatt New Energy
Model	CS6W - 555MS	Model	MID 25KTL3-X1
(Custom parameters definition)		(Custom parameters definition)	
Unit Nom. Power	555 Wp	Unit Nom. Power	25.0 kWac
Number of PV modules	48 units	Number of inverters	3 * MPPT 33% 1 unit
Nominal (STC)	26.64 kWp	Total power	25.0 kWac
Modules	3 Strings x 16 In series	Operating voltage	200-1000 V
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Pnom ratio (DC:AC)	1.07
Pmpp	24.07 kWp	<b>Total inverter power</b>	
U mpp	609 V	Total power	25 kWac
I mpp	39 A	Number of inverters	1 unit
<b>Total PV power</b>		Pnom ratio	1.07
Nominal (STC)	27 kWp	<b>Total PV power</b>	
Total	48 modules	Nominal (STC)	17 kWp
Module area	124 m <sup>2</sup>	Total	30 modules
Cell area	169 m <sup>2</sup>	Module area	77.5 m <sup>2</sup>
		Cell area	106 m <sup>2</sup>

Gambar 8. Hasil Simulasi PVSyst Skenario 1

Berdasarkan hasil simulasi, untuk memenuhi seluruh kebutuhan energi harian pompa dibutuhkan daya sebesar 26,64 kWp yang

terdiri dari 48 modul surya yang terbagi menjadi 16 seri dan 3 paralel.

##### 4.6.2 Hasil Simulasi PVSyst Skenario 2

Pada skenario 2 simulasi menggunakan modul surya *Canadian solar* dengan daya modul surya sebesar 555 Wp

dan *inverter* yang digunakan *Growatt MID 15KTL3-X*. Gambar 9 merupakan hasil simulasi PVSyst skenario 2.

PV Array Characteristics			
<b>PV module</b>		<b>Inverter</b>	
Manufacturer	CSI Solar	Manufacturer	Growatt New Energy
Model	CS6W - 555MS	Model	MID 15KTL3-X
(Custom parameters definition)		(Original PVSyst database)	
Unit Nom. Power	555 Wp	Unit Nom. Power	15.0 kWac
Number of PV modules	30 units	Number of inverters	2 * MPPT 50% 1 unit
Nominal (STC)	16.65 kWp	Total power	15.0 kWac
Modules	2 Strings x 15 In series	Operating voltage	160-1000 V
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Pnom ratio (DC:AC)	1.11
Pmpp	15.04 kWp	<b>Total inverter power</b>	
U mpp	571 V	Total power	15 kWac
I mpp	26 A	Number of inverters	1 unit
<b>Total PV power</b>		Pnom ratio	1.11
Nominal (STC)	17 kWp	<b>Total PV power</b>	
Total	30 modules	Nominal (STC)	16,65 kWp
Module area	77.5 m <sup>2</sup>	Total	30 modul surya yang terbagi menjadi 15 seri dan 2 paralel.
Cell area	106 m <sup>2</sup>	Module area	77,5 m <sup>2</sup>
		Cell area	106 m <sup>2</sup>

Gambar 9. Hasil Simulasi PVSyst Skenario 2

Berdasarkan hasil simulasi, untuk memenuhi 60% energi harian dari seluruh kebutuhan energi harian pompa dibutuhkan

daya sebesar 16,65 kWp yang terdiri dari 30 modul surya yang terbagi menjadi 15 seri dan 2 paralel.

### 4.6.3 Hasil Simulasi PVSyst Skenario 3

Pada skenario 3 simulasi menggunakan modul surya Canadian solar dengan daya modul surya sebesar 555 Wp dan *inverter*

yang digunakan Growatt MOD 13KTL3-X. Gambar 10 merupakan hasil simulasi PVSyst skenario 3.

PV Array Characteristics			
<b>PV module</b>		<b>Inverter</b>	
Manufacturer	CSI Solar	Manufacturer	Growatt New Energy
Model	CS6W - 555MS	Model	MOD 13KTL3-X
(Custom parameters definition)		(Custom parameters definition)	
Unit Nom. Power	555 Wp	Unit Nom. Power	13.0 kWac
Number of PV modules	26 units	Number of inverters	2 * MPPT 50% 1 unit
Nominal (STC)	14.43 kWp	Total power	13.0 kWac
Modules	2 Strings x 13 In series	Operating voltage	140-1000 V
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Pnom ratio (DC:AC)	1.11
Pmpp	13.04 kWp	<b>Total inverter power</b>	
U mpp	495 V	Total power	13 kWac
I mpp	26 A	Number of inverters	1 unit
<b>Total PV power</b>		Pnom ratio	1.11
Nominal (STC)	14 kWp		
Total	26 modules		
Module area	67.2 m <sup>2</sup>		
Cell area	91.5 m <sup>2</sup>		

Gambar 10. Hasil Simulasi PVSyst Skenario 3

Berdasarkan hasil simulasi, untuk memenuhi 50% energi harian dari seluruh kebutuhan energi harian pompa dibutuhkan

daya sebesar 14,43 kWp yang terdiri dari 26 modul surya yang terbagi menjadi 13 seri dan 2 paralel.

### 4.7 Efisiensi dan Optimalisasi Sistem

Berdasarkan simulasi PVSyst, berikut merupakan kinerja dari ketiga skenario yang diuji.

- A. Skenario 1 (100% konsumsi energi harian)
  - 1) *Output* Energi : 36.945 kWh/tahun
  - 2) Efisiensi Sistem : 83.2%
  - 3) Konsumsi Energi Pompa : 10.731 kWh/tahun
  - 4) Energi Tidak Terpakai : 6.420 kWh/tahun
- B. Skenario 2 (60% konsumsi energi harian)
  - 1) *Output* Energi : 27.109 kWh/tahun
  - 2) Efisiensi Sistem : 80.5%
  - 3) Konsumsi Energi Pompa : 9.532 kWh/tahun
  - 4) Energi Tidak Terpakai : 0 kWh/tahun

- C. Skenario 3 (50% konsumsi energi harian)
  - 1) *Output* Energi : 23.428 kWh/tahun
  - 2) Efisiensi Sistem : 78.7%
  - 3) Konsumsi Energi Pompa : 8.932 kWh/tahun
  - 4) Energi Tidak Terpakai : 0 kWh/tahun

### 5. KESIMPULAN

Hasil simulasi menunjukkan bahwa Skenario 1 dengan kapasitas yang lebih besar menghasilkan *output* energi yang berlebih, namun terdapat 6.420 kWh/tahun yang tidak terpakai. Di sisi lain, Skenario 2 dan Skenario 3 lebih optimal dalam meminimalkan energi yang terbuang, tetapi memiliki efisiensi yang sedikit lebih rendah dibandingkan dengan Skenario 1.

- a. Skenario 1 cocok untuk kondisi di mana energi surplus dapat dijual kembali ke grid atau digunakan untuk aplikasi lain.
- b. Skenario 2 dan 3 lebih cocok untuk optimasi konsumsi energi pompa air,

dengan sedikit atau tanpa surplus energi.

Dari ketiga skenario, Skenario 1 memberikan hasil terbaik dari segi kapasitas energi yang dihasilkan dan efisiensi total sistem. Namun, untuk aplikasi yang berfokus pada pemenuhan kebutuhan energi pompa tanpa surplus yang signifikan, Skenario 2 dan Skenario 3 menawarkan alternatif yang lebih efisien dalam mengurangi energi yang terbuang.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2023. Potensi Energi Terbarukan Indonesia [online] Available: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/miliki-potensi-ebt-3686-gw-sekjen-rida-modal-utama-jalankan-transisi-energi-indonesia>
- [2] Dewangga, I.G.N.A.B.R.W., I.A.D, Giriantari., & I.W, Sukerayasa. 2021. "Studi Teknis PLTS Rooftop 3 kWp Frameless with On-grid System di Lingkungan Kori Nuansa Jimbaran". *Jurnal SPEKTRUM*. Vol. 8, No. 4.
- [3] Setyawan, A., Agus Ulinuha. 2022. "Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid untuk Supply Charge Station". *TRANSMISI*. Vol. 24, No. 1.
- [4] Kusuma, K. B., Partha, C. G. I., & Sukerayasa, I. W. 2020. Perancangan Sistem Pompa Air DC Dengan PLTS 20 Kwp Tianyar Tengah Sebagai Suplai Daya Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Masyarakat Banjar Bukit Lambuh. *Jurnal SPEKTRUM* Vol. 7, No. 2.
- [5] Sanspower. 2020. Pompa Air Tenaga Surya Salah Satu Contoh Teknologi Ramah Lingkungan [online]. Available: <https://www.sanspower.com/pompa-air-tenaga-surya-ramah-lingkungan.html>.
- [6] Sianipar, R. 2014. "Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya". *JETri*. Vol. 11, No. 2.
- [7] Sandrawati, S., I.N.S, Kumara., & I.N, Setiawan. 2023. "Analisa Kebersihan Panel Surya Terhadap Keluaran PLTS On-grid 200 kWp Bandara Udara Sultan Muhammad Salahudin Bima". *SPEKTRUM*. Vol. 10, No. 4.
- [8] Wicaksana, M.R., Kumara, I.N.S., Giriantari, I.A.D., Irawati, R. 2019. "Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop 158 kWp Pada Kantor Gubernur Bali". *SPEKTRUM*. Vol. 6, No. 3.
- [9] Badan Pusat Statistik Provinsi Bali. 2023. Pengamatan Unsur Iklim di Stasiun/Pos Pengamatan Kahang-Kahang Kabupaten Karangasem 2023 [online]. Available: <https://bali.bps.go.id/id/statistics-table/1/MTg0IzE=/pengamatan-unsur-iklim-di-stasiun-pos-pengamatan-kahang-kahang-kabupaten-karangasem-2022-2023.html>
- [10] Wiriastika, I.P.D., I.N, Setiawan., & I.W, Sukerayasa. 2022. "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Tempat Olah Sampah Setempat Werdi Guna Desa Gunaksa Kabupaten Klungkung". *SPEKTRUM*. Vol. 9, No.1.
- [11] Sugirianta, I.B.K., I.G.A.M, Sunaya., & I.G.N.A.D, Saputra. 2020. "Optimization of Tilt Angle On-Grid 300Wp PV Plant Model at Bukit Jimbaran Bali." *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 1450, No. 1, p. 012135, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1450/1/012135>
- [12] Pandawani, A.A.I., C.G.I, Partha., & I.W, Sukerayasa. 2023. "Investigasi Hubungan Iradiasi Matahari dengan THD Pada Inverter Plts Universitas Udayana". *SPEKTRUM*. Vol. 10, No.2.
- [13] Jembar Driling Air. 2020. Prinsip Kerja Mesin Pompa SubMersible [online] Available: <http://www.galisumur.com/blog/prinsip-kerja-mesin-pompa-submersible>
- [14] Mansur, A. 2021. "Analisa Kinerja PLTS On Grid 50 kWp akibat Efek Bayangan Menggunakan Software PVSyst". *TRANSMISI*. Vol. 23, No. 1.
- [15] PVSyst. 2023. Logo PVSyst. [online] Available: <https://www.PVSyst.com/wp-content/uploads/2023/11/Logo-PVSyst-sans-fond.png>
- [16] Manual Library. 2022. Inverter Growatt [online] Available: <https://www.manualslib.com/>