

Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Sudut Panel Optimal Sebagai Sumber Energi Listrik Pada Area Keramba Jaring Apung Padang Cermin

Bagus Agung Nugroho^{1*}, F.X Arinto Setyawan¹, Afri Yudamson¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

*E-mail : bagusagung050@gmail.com

ABSTRAK

Laut Indonesia menyimpan sumber daya alam yang melimpah dan menjadi tempat yang sangat diminati untuk budidaya ikan laut, terutama di kalangan nelayan. Salah satu metode yang paling umum digunakan dalam kegiatan ini adalah menggunakan keramba jaring apung. Namun, kendala yang dihadapi nelayan adalah akses terbatas ke energi listrik di lokasi keramba yang umumnya jauh dari pemukiman. Penelitian ini bertujuan untuk merancang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) agar dapat memenuhi kebutuhan energi listrik nelayan di area keramba jaring apung. Fokus penelitian adalah pada perancangan dan perakitan sistem PLTS dengan penekanan pada pengaturan sudut panel yang optimal. Sudut panel tersebut dihitung berdasarkan jumlah radiasi yang diterima oleh permukaan bidang miring, dengan memanfaatkan data geografis lokasi yang diperoleh dari NASA SSE. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain PLTS yang diusulkan dapat memenuhi kebutuhan energi listrik di area keramba jaring apung. Dalam aplikasinya, kebutuhan energi sebesar 481 Wh perhari untuk penerangan dan alat pemberi pakan otomatis dapat terpenuhi dengan menggunakan sistem PLTS 100 Wp, dengan kapasitas penyimpanan baterai sebesar 46 Ah. Selain itu, perhitungan sudut kemiringan optimal, berdasarkan radiasi dan faktor geografis di lokasi keramba jaring apung, adalah sekitar 6 derajat, dengan nilai radiasi sebesar 57,38848 kWh per tahun di lokasi Padang Cermin, Kecamatan Durian.

Kata kunci: Keramba Jaring Apung, Panel Surya, Radiasi Matahari, Geografis Lokasi.

Indonesia's seas hold abundant natural resources and are a highly desirable location for marine fish farming, especially among fishermen. One of the most common methods used in this activity is the use of floating net cages. However, an obstacle faced by fishermen is limited access to electrical energy at the

cage sites which are generally far from settlements. This research aims to design a Solar Power Plant (PLTS) in order to meet the electrical energy needs of fishermen in the floating net cage area. The focus of the research is on the design and assembly of the PLTS system with an emphasis on setting the optimal panel angle. The panel angle is calculated based on the amount of radiation received by the inclined plane surface, utilizing geographic location data obtained from NASA SSE. The results show that the proposed solar power plant design can meet the electrical energy demand in the floating net cage area. In practical implementation, the daily energy requirement of 481 Wh for lighting and automatic feeding devices can be met by using a 100 Wp solar PV system, with a battery storage capacity of 46 Ah. Furthermore, the determination of the optimal tilt angle, based on radiation and geographical factors at the location of floating net cages, is about 6 degrees, with a radiation value of 57.38848 kWh per year at the location of Padang Cermin, Durian District.

Keywords: Floating Net Cages, Solar Panels, Solar Radiation, Geographic Location.

1. PENDAHULUAN

Laut Indonesia menyimpan sumber daya alam yang melimpah dan menjadi tempat yang sangat diminati untuk budidaya ikan laut, terutama di kalangan nelayan. Saat ini terdapat banyak metode untuk budi daya ikan di laut, salah satu metode yang banyak digunakan adalah menggunakan metode keramba jaring apung. Keramba jaring apung adalah salah satu teknik budidaya perikanan yang telah lama digunakan di berbagai belahan dunia. Keramba jaring apung adalah suatu sarana pemeliharaan ikan yang kerangkanya terbuat dari bambu, kayu, pipa paralon atau besi berbentuk persegi yang diberi jaring dan pelampung agar wadah tersebut tetap terapung di air. Keramba jaring apung merupakan teknologi tepat guna yang menjadi primadona bagi pembudi daya karena telah terbukti lebih efisien, baik secara teknis maupun ekonomis [1]. Lokasi keramba jaring apung umumnya

berada jauh dari daerah pemukiman, sehingga penggunaan keramba jaring apung ini terdapat kendala. Salah satunya adalah nelayan kesulitan mengelola kerambanya karena jarak antar rumah dan keramba yang jauh dan memakan waktu. Hal tersebut juga memengaruhi budidaya ikan terutama dalam proses pemberian pakan ikan. Saat ini terdapat teknologi yang memudahkan nelayan untuk memberikan pakan secara teratur dan otomatis, yaitu alat pemberi pakan otomatis. Pengoperasian alat pelontar pakan otomatis ini membutuhkan sumber listrik yang terus menyuplai daya ke alat tersebut supaya alat dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya. Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik keramba jaring apung, nelayan saat ini terpaksa menarik kabel listrik dari pemukiman yang jauh. Kegiatan ini memiliki risiko besar, termasuk kerusakan akibat kondisi cuaca tidak menentu dan korosi lingkungan laut, yang dapat menyebabkan korsleting pada komponen stop kontak. Solusinya adalah merancang instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di lokasi keramba untuk menyediakan pasokan listrik mandiri, mendukung operasi alat pelontar pakan otomatis, dan kebutuhan energi di area tersebut. Penelitian ini bertujuan merancang dan merakit sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sesuai kebutuhan keramba jaring apung di Desa Durian, Kecamatan Padang Cermin. Kebutuhan keramba mencakup alat pemberi pakan otomatis dan penerangan keramba. Desain PLTS harus memastikan penerimaan radiasi matahari yang optimal, dan untuk mencapainya, dilakukan perhitungan sudut kemiringan panel berdasarkan koordinat geografis Desa Durian ($5^{\circ}37'01.2''\text{LS}$ $105^{\circ}10'43.6''\text{BT}$). Perhitungan ini menggunakan total radiasi yang diterima bidang miring agar sistem PLTS dapat beroperasi secara efisien.

2. KERANGKA TEORITIS

A. Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan beberapa penelitian terdahulu yang telah dilakukan sebelumnya berdasarkan penggunaan serta hasil yang diperoleh.

Beberapa penelitian terdahulu telah dilakukan untuk mengkaji penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan hasil yang diperoleh. Penelitian oleh Andi Wawan Indrawan et al. pada tahun 2021 mengenai "PEMANFAATAN ENERGI SURYA SEBAGAI SUMBER LISTRIK UNTUK PENERANGAN DI LAHAN TAMBAK DESA NISOMBALIA" menunjukkan bahwa PLTS dapat digunakan dengan aman di daerah tambak ikan, meningkatkan keamanan dan kenyamanan petani tambak [2]. Penelitian lain oleh Musrady Mulyadi et al. mengenai "APLIKASI PLTS

PADA MESIN PELONTAR PAKAN IKAN" menyoroti penggunaan PLTS untuk mesin pelontar pakan otomatis dalam budidaya udang vaname di tambak desa Pancana [3]. Selanjutnya, penelitian oleh Fri Murdiya et al. berjudul "PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK POMPA AIR DAN PENERANGAN DALAM PROGRAM PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT" berhasil menerapkan PLTS untuk sumber energi pompa air dan penerangan jalan di suatu desa [4]. Azis Pandria et al. dalam penelitian "PENENTUAN SUDUT KEMIRINGAN OPTIMUM BERDASARKAN ENERGI KELUARAN PANEL SURYA" menentukan sudut kemiringan optimum panel surya di Meulaboh [5]. Sementara Rudi Darussalam et al. dalam "PENGATURAN ARAH AZIMUTH DAN SUDUT TILT PANEL PHOTOVOLTAIC UNTUK OPTIMALISASI RADIASI MATAHARI" melakukan pengaturan arah azimuth dan sudut tilt panel photovoltaic untuk mengoptimalkan radiasi matahari yang diterima panel di Bandung [6].

Pada penelitian ini, sistem PLTS digunakan sebagai sumber energi listrik pada keramba jaring apung di daerah pantai Padang Cermin. Sistem PLTS dirancang untuk menyerap radiasi matahari secara maksimal dengan cara mengoptimalkan sudut *tilt* pada panel. Sudut dihitung dengan rumus-rumus dan disimulasikan untuk menentukan sudut optimalnya. Perhitungan dilakukan berdasarkan faktor geografi lokasi keramba jaring apung yaitu desa Durian Padang Cermin dengan koordinat lokasi $5^{\circ}37'01.2''\text{LS}$ $105^{\circ}10'43.6''\text{BT}$.

B. Sudut Kemiringan Panel

Pemasangan posisi panel photovoltaic sangat berpengaruh terhadap penyerapan radiasi matahari. Untuk mendapatkan sudut kemiringan yang optimal, ditentukan berdasarkan radiasi yang mengenai permukaan bidang miring [6]. Total rata-rata radiasi matahari pada permukaan bidang miring (HT) dapat diperkirakan dengan mempertimbangkan secara individual radiasi langsung (HB), radiasi difuse (HD) dan radiasi pantul (HR). Total radiasi pada permukaan miring (HT) adalah

$$H_T = H_B + H_D + H_R \quad (1)$$

H_T adalah total radiasi bulanan pada sudut permukaan miring, H_B adalah komponen radiasi langsung pada permukaan miring, H_D adalah komponen radiasi tersebar pada permukaan miring, dan H_R adalah komponen radiasi pantulan pada permukaan miring.

Radiasi langsung pada permukaan bidang miring dapat ditunjukkan dengan persamaan berikut.

$$H_B = (H_g - H_d) R_b \quad (2)$$

H_g adalah radiasi global pada permukaan horizontal, H_d adalah radiasi tersebar pada permukaan horizontal, dan R_b adalah rasio radiasi langsung pada permukaan miring terhadap permukaan horizontal yang nilainya dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$R_b = \frac{\cos(\phi - \beta) \cos \delta \cos \omega + \sin(\phi - \beta) \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta \cos \omega + \sin \phi \sin \delta} \quad (3)$$

di mana ω adalah sudut jam matahari saat *solar noon* pada lokasi, ϕ latitude lokasi, δ sudut deklinasi. Untuk mendapatkan nilai sudut deklinasi, dapat dihitung dengan persamaan berikut, yang mana n merupakan nomor hari dalam setahun.

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left(\frac{360}{365} 284 + n \right) \quad (4)$$

Radiasi tersebar (H_D) didefinisikan sebagai radiasi matahari yang datang dari seluruh kubah langit, kecuali yang datang langsung dari matahari dan wilayah circumsolar [7]. Radiasi tersebar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$H_D = H_d R_d \quad (5)$$

di mana H_d merupakan radiasi tersebar pada permukaan horizontal, dan R_d rasio radiasi tersebar pada permukaan miring. Perhitungan terhadap rasio radiasi tersebar dipermukaan miring seperti pada persamaan 2.6 di mana β adalah sudut kemiringan panel surya terhadap permukaan horizontal.

$$R_d = \frac{1 + \cos \beta}{2} \quad (6)$$

Perhitungan terhadap komponen radiasi pantulan permukaan (H_R) diasumsikan sebagai pantulan isotropic, di mana nilai tersebut dianggap bernilai seragam dari segala penjuru dan dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$H_R = H_g \rho \frac{(1 - \cos \beta)}{2} \quad (7)$$

di mana H_g merupakan nilai rata – rata radiasi harian global pada permukaan horizontal, β adalah sudut kemiringan panel surya, ρ adalah nilai albedo. Ground albedo atau nilai pantulan permukaan merupakan nilai spesifik di mana panel surya dipasang. Bila jenis permukaan tidak diketahui, maka nilai ground albedo dapat diasumsikan sebesar 0,2.

C. Perhitungan Kebutuhan Sistem PLTS

Kebutuhan untuk merancang sistem PLTS dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya adalah total konsumsi energi yang digunakan, kapasitas panel, kapasitas *controller*, kapasitas baterai, dan kapasitas inverter apabila sistem digunakan untuk sumber arus bolak-balik. Untuk menentukan konsumsi energi pada setiap beban yang digunakan dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\text{Konsumsi (Wh)} = \text{Daya (W)} \times \text{Pemakaian (h)} \quad (8)$$

Persamaan diatas digunakan untuk menghitung penggunaan daya dari masing-masing beban, yang kemudian akan dijumlahkan dengan beban yang lain untuk mendapatkan total penggunaan daya yang akan terhubung dengan sistem PLTS.

Penentuan kapasitas panel surya yang digunakan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Panel Surya (Wp)} = \frac{\text{Total Daya}}{\text{Waktu Optimal}} \quad (9)$$

di Indonesia proses *photovoltaic* optimalnya hanya berlangsung 5 jam saja dari pukul 09.00 wib s.d 14.00 wib. Untuk menghitung kapasitas baterai yang digunakan dapat menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Kapasitas Baterai (Ah)} = \frac{\text{Total Daya}}{\text{Tegangan Baterai}} \quad (10)$$

Selanjutnya kebutuhan SCC yang digunakan dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\text{SCC} = \text{Isc} \times \text{Jumlah Panel Surya} \quad (11)$$

3. METODE PENELITIAN

A. Diagram Blok PLTS

Sistem PLTS mulai beroperasi saat panel surya menerima cahaya matahari disiang hari, panel surya mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan panel surya disalurkan ke *solar charge controller* untuk disesuaikan tegangannya dengan baterai sebagai penyimpanan energi listrik. Energi yang disimpan baterai kemudian akan digunakan untuk keperluan keramba jaring apung melalui inverter yang terhubung dengan adapter untuk *microcontroller*, blower pada alat pemberi pakan otomatis, dan lampu untuk penerangan.

terhindar dari paparan matahari langsung dan langsung terpapar air asin menghindari resiko korosif.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kebutuhan PLTS Keramba

Sistem PLTS digunakan untuk memenuhi kebutuhan penerangan dan alat pemberi pakan otomatis. Penerangan yang digunakan di tambak yaitu sebesar 40 Watt dengan durasi pemakaian dari tenggelamnya matahari sampai terbitnya matahari, diasumsikan 12 jam. Maka kebutuhan konsumsi energi yang dibutuhkan untuk kebutuhan penerangan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi energi (Wh)} &= \text{Daya (W)} \times \text{Lama pemakaian (h)} \\ &= 40 \text{ W} \times 12 \text{ h} \\ &= 480 \text{ Wh} \end{aligned}$$

daya rata-rata penggunaan alat pemberi pakan otomatis adalah 307,12 Watt. Alat pemberi pakan otomatis ini penggunaan dalam seharinya hanya sebanyak 2 kali dan durasi kerja dengan daya maksimalnya hanya 5 detik, sehingga perlu dihitung kembali konsumsi energi alat perdetiknya untuk mendapatkan penggunaan daya perharinya.

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi energi alat (Wh)} &= \text{Daya (W)} \times \frac{5}{3600} \text{ jam} \\ &= 307,118 \text{ W} \times \frac{5}{3600} \text{ jam} \\ &= 0,426 \text{ Wh} \end{aligned}$$

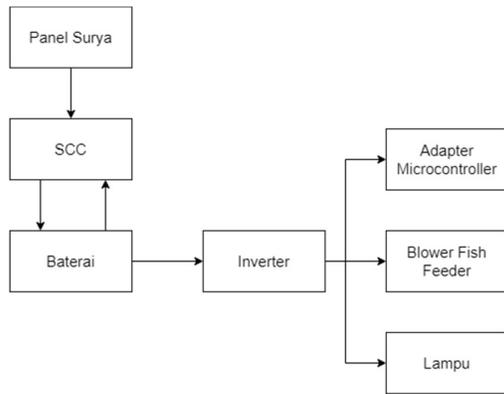
Maka konsumsi energi yang digunakan di keramba jaring apung adalah total dari penjumlahan seluruh penggunaan daya. Berikut ini perhitungannya.

$$\begin{aligned} \text{Total energi (Wh)} &= \text{Energi lampu} + \text{Energi alat} \\ &= 480 \text{ Wh} + 0,852 \text{ Wh} \\ &= 480,852 \text{ Wh} \end{aligned}$$

Panel surya memiliki satuan daya yang disebut watt peak (Wp), wattpeak digunakan untuk menghitung kemampuan panel untuk menghasilkan daya. Wattpeak dapat dilihat dari spesifikasi panel yang digunakan. Pada penelitian ini, panel yang digunakan adalah panel surya dengan wattpeak sebesar 100 Wp. Sehingga kemampuan panel menghasilkan daya adalah.

$$\begin{aligned} \text{Panel Surya (Wp)} &= (\text{Daya})/(\text{Waktu Optimal}) \\ \text{Total Daya} &= \text{Panel Surya (Wp)} \times \text{Waktu Optimal} \\ &= 100 \text{ Wp} \times 5 \text{ h} \\ &= 500 \text{ Wh} \end{aligned}$$

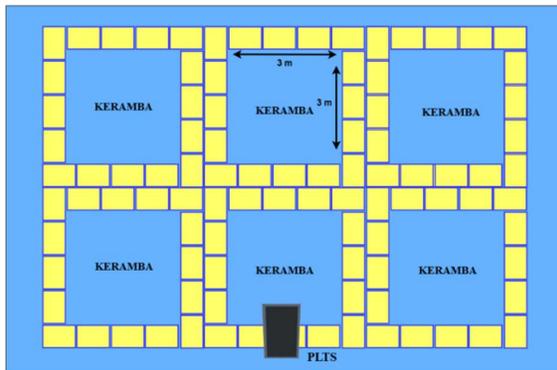
Berdasarkan perhitungan total daya di atas, dengan photovoltaic 100 wattpeak, maka panel tersebut dapat



Gambar 1. Diagram Blok PLTS

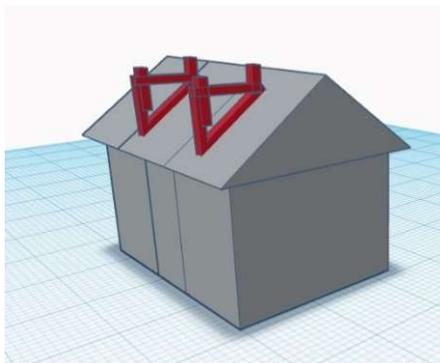
B. Penempatan PLTS

Luas keramba jaring apung setiap kolomnya adalah 3x3 m. PLTS diletakkan di tengah keramba supaya memudahkan akses untuk penyaluran listrik ke setiap sudut keramba. Gambaran kondisi keramba dan posisi PLTS pada keramba ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2. Denah Area Keramba

Adapun desain kerangka penopang PLTS yang akan dibuat ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3. Desain Kerangka Penopang Panel

Gambar tersebut merupakan desain dudukan panel yang akan diletakkan di atas saung yang terletak di tengah keramba jaring apung dengan dimensi saung keramba adalah 2,5 m x 2,5 m . Komponen lainnya akan disimpan di dalam rumah supaya

menghasilkan daya maksimal perharinya adalah 500 Wh. Kapasitas baterai yang dapat menampung daya maksimal panel dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Baterai (Ah)} &= (\text{Total Daya})/(\text{Tegangan Baterai}) \\ &= 480,852/12 \\ &= 40,07 \text{ Ah} \end{aligned}$$

B. Data Perhitungan Sudut Panel

Lokasi pemasangan PLTS terletak di Padang Cermin tepatnya 5°37'01.2"LS 105°10'43.6"BT (Latitude - 5.617000, dan longitude 105.178778. Data yang dibutuhkan di antaranya adalah radiasi global pada permukaan horizontal dan radiasi tersebar pada permukaan horizontal, yang keduanya dapat diambil melalui data NASA-SSE *satellite data*. Tahapan untuk melakukan perhitungan sudut optimal panel dimulai dari melakukan pengambilan data radiasi matahari di lokasi yaitu Padang Cermin. Berikut ini merupakan data yang diambil melalui data NASA-SSE *satellite data* :

TABEL 1
DATA HD DAN HG LOKASI

Bulan	Hd (kWh/m ²)	Hg (kWh/m ²)
Januari	2,29	4,77
Februari	2,36	4,8
Maret	2,32	4,96
April	2,1	4,78
Mei	1,87	4,53
Juni	1,75	4,32
Juli	1,79	4,41
Agustus	1,95	4,84
September	2,16	5,2
Oktober	2,3	5,07
November	2,29	4,81
Desember	2,25	4,67

Data lain yang dibutuhkan adalah deklinasi dan sudut jam pada saat solar noon di lokasi. Berikut ini adalah hasil perhitungan deklinasi dan data sudut jam.

TABEL 2
DATA DEKLINASI DAN SOLAR NOON LOKASI

Bulan	Deklinasi (derajat)	Solar Noon (derajat)
Januari	-23,01163673	72,59
Februari	-17,51649546	78,44
Maret	-8,293705065	87,93

April	4,016824231	79,95
Mei	14,90088746	69,39
Juni	22,03962456	62,37
Juli	23,12048412	61,27
Agustus	17,91318797	66,31
September	7,724628908	76,02
Oktober	-4,215526435	87,47
November	-15,36341658	81,28
Desember	-22,10774881	73,86

C. Hasil Perhitungan Sudut Kemiringan Panel dengan Variasi Sudut 0-45°

Berdasarkan hasil perhitungan radiasi total (HT) pada persamaan 2.1 perhitungan total radiasi pada permukaan bidang miring berdasarkan lokasi geografis lokasi dengan menggunakan data pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2, diperoleh nilai radiasi total (HT) dengan variasi sudut 0-45 derajat pada permukaan bidang miring seperti tabel berikut.

TABEL 3
HASIL PERHITUNGAN RADIASI TOTAL DENGAN VARIASI SUDUT 0-45°

Bulan	HT (kWh)									
	Sudut Permukaan Bidang Miring									
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
Januari	4.770	4.803	4.812	4.797	4.757	4.694	4.607	4.498	4.366	4.214
Feb	4.800	4.835	4.845	4.831	4.793	4.732	4.646	4.538	4.408	4.258
Maret	4.960	5.029	5.072	5.089	5.080	5.044	4.983	4.896	4.784	4.648
April	4.780	4.782	4.759	4.712	4.640	4.544	4.426	4.286	4.124	3.943
Mei	4.530	4.524	4.495	4.442	4.366	4.267	4.147	4.006	3.845	3.665
Juni	4.320	4.312	4.281	4.228	4.153	4.057	3.940	3.803	3.648	3.475
Juli	4.410	4.401	4.369	4.315	4.238	4.139	4.019	3.879	3.719	3.542
Agst	4.840	4.832	4.799	4.740	4.656	4.548	4.416	4.262	4.086	3.890
Sept	5.200	5.198	5.169	5.112	5.028	4.917	4.781	4.621	4.437	4.231
Okt	5.070	5.111	5.126	5.114	5.076	5.011	4.921	4.805	4.666	4.503
Nov	4.810	4.849	4.864	4.854	4.820	4.761	4.679	4.573	4.444	4.294
Des	4.670	4.703	4.712	4.698	4.660	4.599	4.515	4.409	4.281	4.133
Total	57.160	57.380	57.304	56.931	56.266	55.313	54.079	52.574	50.809	48.797

Dari hasil perhitungan tersebut dapat ditentukan bahwa sudut kemiringan optimum berada pada 5° dengan orientasi ke selatan. Berdasarkan Tabel 3 nilai radiasi terbesar pada setiap bulan berada di variasi sudut berbeda. Pada bulan Januari dan Februari radiasi terbesar ada pada saat kemiringan panel dengan sudut 10°. Pada bulan Maret radiasi terbesar ada pada saat kemiringan panel dengan sudut 15°. Pada bulan April radiasi terbesar ada pada saat kemiringan panel dengan sudut 5°. Pada bulan Mei sampai bulan September radiasi terbesar ada pada saat kemiringan panel dengan sudut 0°. Pada bulan Oktober sampai bulan Desember radiasi terbesar ada pada saat kemiringan panel dengan sudut 10°.

D. Hasil Perhitungan Sudut Kemiringan Panel dengan Variasi Sudut 0-10°

Berdasarkan hasil perhitungan radiasi total (HT) pada Tabel 3 didapatkan radiasi terbesar pada tiap bulan berada

pada variasi sudut 0-10°, sehingga dilakukan perhitungan kembali dengan menggunakan persamaan 2.1 untuk mendapatkan radiasi terbesar dengan variasi sudut 0-10°. Berikut ini adalah hasil perhitungan sudut kemiringan panel dengan variasi sudut 0-10°.

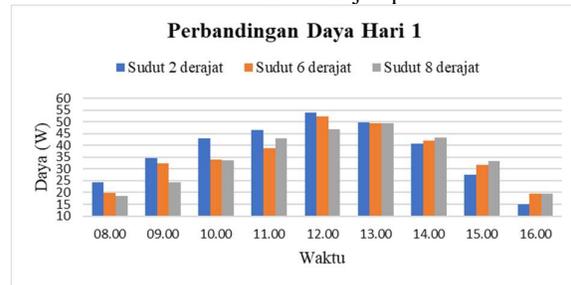
TABEL 3
HASIL PERHITUNGAN RADIASI TOTAL DENGAN VARIASI SUDUT 0-10°

Bulan	HT (kWh)									
	Sudut Permukaan Bidang Miring									
	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°
Januari	4,770	4,779	4,786	4,793	4,798	4,803	4,807	4,810	4,811	4,812
Feb	4,800	4,809	4,817	4,824	4,830	4,835	4,839	4,842	4,844	4,845
Maret	4,960	4,976	4,991	5,004	5,017	5,029	5,040	5,049	5,058	5,065
April	4,780	4,782	4,784	4,784	4,784	4,782	4,779	4,776	4,771	4,766
Mei	4,530	4,531	4,531	4,529	4,527	4,524	4,520	4,515	4,509	4,502
Juni	4,320	4,320	4,319	4,318	4,315	4,312	4,307	4,302	4,296	4,289
Juli	4,410	4,410	4,409	4,407	4,405	4,401	4,397	4,391	4,385	4,378
Agst	4,840	4,841	4,840	4,839	4,836	4,832	4,828	4,822	4,815	4,808
Sept	5,200	5,202	5,203	5,202	5,201	5,198	5,195	5,190	5,184	5,177
Okt	5,070	5,080	5,090	5,098	5,105	5,111	5,116	5,120	5,123	5,125
Nov	4,810	4,820	4,829	4,837	4,843	4,849	4,854	4,858	4,861	4,863
Des	4,670	4,678	4,686	4,693	4,698	4,703	4,707	4,710	4,711	4,712
Total	57,160	57,228	57,284	57,328	57,360	57,380	57,388	57,385	57,370	57,343

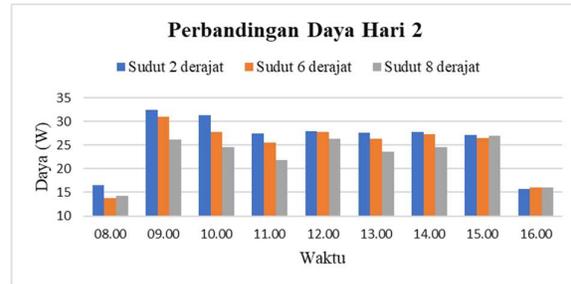
Dari hasil perhitungan tersebut, dapat ditentukan bahwa sudut kemiringan optimum berada pada 6° dengan orientasi ke selatan. Berdasarkan Tabel 4 nilai radiasi terbesar pada setiap bulan berada pada variasi sudut berbeda. Pada bulan Januari sampai bulan Maret radiasi terbesar ada pada saat kemiringan panel dengan sudut 9°. Pada bulan April radiasi terbesar ada pada saat kemiringan panel dengan sudut 3°. Pada bulan Mei sampai bulan Agustus radiasi terbesar ada pada saat kemiringan panel dengan sudut 1°. Pada bulan September radiasi terbesar ada pada saat kemiringan panel dengan sudut 2°. Pada bulan Oktober sampai bulan Desember radiasi terbesar ada pada saat kemiringan panel dengan sudut 9°.

E. Perbandingan Pengukuran Tegangan dan Arus Panel 50Wp dengan Variasi Sudut

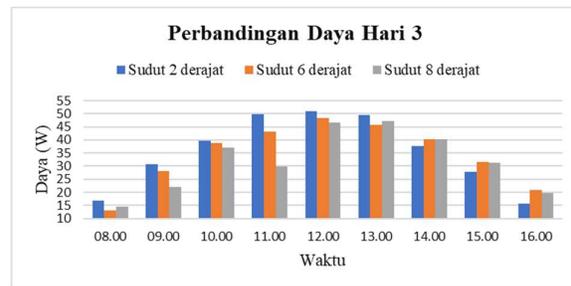
Data perhitungan variasi sudut yang ditunjukkan pada Tabel 4.4. selanjutnya akan diuji. Variasi sudut yang digunakan adalah sudut 2° yaitu sudut dengan radiasi terbesar pada bulan september, dan sudut 6° yaitu sudut dengan radiasi terbesar pertahun. Variasi sudut lainnya digunakan sebagai perbandingan perhitungan adalah sudut 8° yaitu sudut terbaik yang diperoleh melalui web global atlas. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 3 buah panel 50 Wp dilakukan selama 3 hari dibulan September.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Daya Hari ke 1



Gambar 5. Grafik Perbandingan Daya Hari ke 2



Gambar 6. Grafik Perbandingan Daya Hari ke 3

Berdasarkan perbandingan arus, tegangan dan daya yang dihasilkan ketiga panel, sudut 6° dan 8° cenderung lebih besar arus dan daya yang dihasilkan pada saat waktu 14.00 sampai 16.00. Hal ini dikarenakan posisi matahari sudah lebih turun ke arah timur, jadi panel yang lebih dekat dengan arah timur adalah panel 6° dan 8°, sehingga mendapatkan hasil arus dan daya yang lebih besar. Secara keseluruhan, total arus dan daya yang dihasilkan panel 2° lebih besar dibanding panel 6° dan 8°. Jika dilihat pada gambar perbandingan daya yang dihasilkan ketiga sudut, sudut 2° memiliki hasil daya yang dihasilkan lebih baik dibandingkan dengan sudut lainnya, sedangkan sudut 8° memiliki daya yang dihasilkan lebih rendah dibanding dengan sudut lain. Hal tersebut sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan yaitu pada bulan September sudut terbaik untuk mendapat radiasi optimal adalah sudut 2°. Sudut 6° lebih baik dibanding sudut 8° untuk digunakan panel fix untuk mendapatkan radiasi optimal tahunan yang lebih baik.

F. Pengukuran Panel 100 Wp fix 6°

Sistem PLTS yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan keramba jaring apung adalah PLTS dengan daya 100 Wp dengan sudut panel fix 6° Menghadap ke selatan. Pengujian dilakukan selama tiga hari dari jam 08.00 sampai jam 16.00. Pengujian dilakukan untuk membuktikan apakah panel 100 Wp cukup untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di area keramba jaring apung desa Durian kecamatan Padang Cermin. Berikut ini adalah data tegangan, arus, kondisi cahaya, suhu lingkungan, dan daya yang dihasilkan panel.

TABEL 4
DATA PENGUJIAN PANEL 100WP HARI PERTAMA

No	Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Cahaya (lux)	Suhu (°)	Daya (W)
1	08.00	17,9	2,56	769.610	32,5	45,517
2	09.00	18,6	4,45	127.600	33,4	82,770
3	10.00	18,2	4,87	161.400	34,4	88,634
4	11.00	17,9	5,90	156.300	34,8	105,610
5	12.00	19,8	5,30	170.000	35,2	104,940
6	13.00	20,3	4,71	166.600	34,6	95,613
7	14.00	20,5	3,97	129.100	34,5	81,385
8	15.00	20,0	3,63	74.720	32,9	72,600
9	16.00	19,5	1,66	39.490	33,0	32,370
Total Daya						709,439

TABEL 5
DATA PENGUJIAN PANEL 100WP HARI KEDUA

No	Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Cahaya (lux)	Suhu (°)	Daya (W)
1	08.00	13,0	1,88	49.150	30,7	24,440
2	09.00	13,4	3,68	124.100	32,8	49,312
3	10.00	13,4	4,80	81.960	33,4	64,320
4	11.00	13,1	2,78	25.960	31,8	36,418
5	12.00	13,5	3,72	70.040	32,0	50,220
6	13.00	14,1	3,20	63.160	31,3	45,120
7	14.00	17,8	3,89	76.540	31,6	69,242
8	15.00	19,2	3,40	80.950	32,8	65,280
9	16.00	17,5	1,34	75.790	33,7	23,450
Total Daya						427,802

TABEL 6
DATA PENGUJIAN PANEL 100WP HARI KETIGA

No	Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Cahaya (lux)	Suhu (°)	Daya (W)
1	08.00	19,90	2,98	79.670	32,3	59,302
2	09.00	19,20	3,84	139.100	33,8	73,728
3	10.00	20,36	4,77	162.800	34,3	97,117
4	11.00	20,51	5,06	171.100	34,4	103,781
5	12.00	20,56	5,21	176.800	35,6	107,118
6	13.00	20,53	4,64	147.200	34,3	95,259
7	14.00	20,44	3,70	133.700	34,4	75,628
8	15.00	20,27	2,58	114.200	34,3	52,297
9	16.00	19,78	1,39	56.820	34,5	27,494
Total Daya						691,724

Berdasarkan data panel 100 Wp diatas, sistem PLTS mampu menghasilkan daya paling besar 709 W perhari, dan paling rendah 427 W perhari. Pada hari kedua daya yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan hari pertama dan ketiga, hal ini disebabkan faktor cuaca yang mendung dan sedikit cahaya, dapat dilihat dari pengukuran cahaya yang lebih kecil pada hari kedua. Selain pengaruh instensitas cahaya, suhu lingkungan juga

mempengaruhi panel dalam menghasilkan daya. Dapat dilihat dalam beberapa data dengan *range* intensitas cahaya yang sama, suhu lingkungan yang lebih besar cenderung menghasilkan daya yang lebih kecil.

5. KESIMPULAN

Sistem Pembangkit Tenaga Surya yang telah berhasil dibangun dapat memenuhi kebutuhan penggunaan energi listrik Keramba Jaring Apung di lokasi Desa Durian Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran. Kebutuhan energi sebesar 481 Wh perharinya untuk penerangan dan alat pemberi pakan otomatis dapat terpenuhi dengan sistem PLTS 100 Wp dengan kapasitas penyimpanan baterai sebesar 46 Ah. Hasil perhitungan sudut kemiringan optimal berdasarkan radiasi yang mengenai permukaan bidang miring berdasarkan faktor geografis pada lokasi keramba jaring apung adalah 6° dengan nilai radiasi 57,38848 kWh per tahun. Berdasarkan hasil pengujian panel dengan sudut 2° memiliki tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan sudut yang lain, hal ini sesuai dengan perhitungan di mana pada bulan september sudut terbaik yang memiliki nilai radiasi paling besar ada pada sudut 2°.

4. DAFTAR PUSTAKA

[1] B. N. Hidayati, Darsono dan U. Barokah, "Analisis Usaha Budi Daya Ikan Nila Menggunakan Keramba Jaring Apung (KJA) dan Pemasarannya di Kabupaten Sragen," *Buletin Ilmiah Marina*, pp. 145-157, 21 Desember 2020.S. Chapman, "Electric Machinery Fundamentals", Edisi keempat, McGraw-Hill, New York, 2005.

[2] A. W. Indrawan, Bakhtiar, K. Riyadi dan A. Asri, "Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Sumber Listrik Untuk Penerangan Di Lahan Tambak Desa Nosambalia," *Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat*, pp. 552-556, 2021..

[3] M. Mulyadi, S. Abadi, A. Yunus, C. Bhuana, M. Rizwal dan W. Ramadani, "Aplikasi PLTS Pada Mesin Pelontar Pakan Ikan Otomatis," *Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat*, pp. 278-282, 2022.

[4] F. Murdiya, A. Hamzah, Azriyenni, Nurhalim, Firdaus dan Suwitno, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Pompa Air Dan Penerangan Dalam Program Pengabdian Kepada Masyarakat," *Jurnal Pengabdian Untuk Mu NegRI*, vol. IV , no. 2, pp. 192-198, 2 November 2020.

[5] T. A. Pandria, Muzakir, E. Mawardi, Samsuddin, Munawir dan Mukhlizar, "Penentuan Sudut Kemiringan Optimum Berdasarkan Energi Keluaran Panel Surya," *Serambi Engineering*, vol. VI, no. 1, pp. 1655-1661, Januari 2021.

[6] R. Darussalam, A. Rajani, Kusradi dan T. D. Atmaja, "Pengaturan Arah Azimuth Dan Sudut Tilt Panel Photovoltaic Untuk Optimalisasi Radiasi Matahari Studi Kasus: Bandung -

Jawa Barat,” *Seminar Nasional Fisika*, vol. V, pp. 31-36, Oktober 2016.

[7] T. A. Pandria dan Mukhlizar, “Penentuan Kemiringan Sudut Optimal Panel Surya,” *Jurnal Optimalisasi*, vol. III

[8] T. A. Pandria, Muzakir, E. Mawardi, Samsuddin, Munawir dan Mukhlizar, “Penentuan Sudut Kemiringan Optimum Berdasarkan Energi Keluaran Panel Surya,” *Serambi Engineering*, vol. VI, no. 1, pp. 1655-1661, Januari 2021.