

ANALISA PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN TERHADAP EFISIENSI FOTOVOLTAIK PADA PLTS UNIVERSITAS PAMULANG VIKTOR

Abdurahman¹, Elfirza Rosiana², Jan Setiawan³, Willy Pahmi Fauzi⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang
^{1,2,3,4}Jalan Puspiptek Raya No. 46 Buaran, Setu, Tangerang Selatan, Banten, 15310, Indonesia

¹dosen00943@unpam.ac.id

²dosen00689@unpam.ac.id

³dosen01647@unpam.ac.id

⁴willy.fauzi2015@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 05-12-2023
revisi : 12-12-2023
diterima : 28-12-2023
dipublish : 30-12-2023

ABSTRAK

Efisiensi fotovoltaik dalam mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik yang bersumber dari sebuah sistem pembangkit listrik tenaga surya, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar efisiensi pv dari sebuah sistem PLTS yang ada di Universitas Pamulang Viktor, salah satu faktor yang mempengaruhi adalah sudut kemiringan dan sudut azimuth panel surya terhadap radiasi matahari yang diterima oleh pv, sehingga berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan serta efisiensi dari panel surya, Metode penelitian studi kasus kuantitatif dengan teknik pengukuran langsung menggunakan alat ukur PV 200 tester dan monitoring dengan software isolarcloud serta berupa perhitungan matematis untuk mengetahui rata-rata radiasi serta efisiensi yang diperoleh panel surya pada bidang miring tetap yaitu 6° pada PLTS tahap pertama dan 15° pada PLTS tahap kedua, Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi tertinggi tercapai dengan nilai 14,31% dengan daya 2832 Wp pada PLTS tahap pertama, sedangkan pada PLTS tahap kedua mendapatkan nilai efisiensi terbesar 16,24%, dengan daya 4115 Wp nilai efisiensi ini sangat dipengaruhi oleh faktor dari nilai radiasi matahari serta suhu, sehingga menghasilkan daya input dan output yang berbeda-beda, nilai efisiensi pada PLTS Universitas Pamulang Viktor sangat baik, tidak melebihi standar yang tertera pada lembar data plts tahap pertama yaitu sebesar 20,6 % dan pada lembar data plts tahap kedua yaitu sebesar 20,9%.

Kata kunci: PLTS; panel surya; radiasi matahari; sudut kemiringan; efisiensi

ABSTRACT

Photovoltaic efficiency in converting solar energy into electrical energy sourced from a solar power generation system, the purpose of this study is to find out how much Pv efficiency is from a PLTS system at Pamulang Viktor University, one of the influencing factors is the angle of inclination and angle the azimuth of the solar panel to the solar radiation received by the pv, thereby affecting the power generated and the efficiency of the solar panel. Quantitative case study research method with direct measurement techniques using the PV 200 tester and monitoring with the isolarcloud app software as well as in the form of mathematical calculations to find out the average radiation received by solar panels on a fixed inclined plane is 6° in the first stage of PLTS and 15° in the second stage of PLTS. The results showed that the highest efficiency was achieved with a value of 14.31% with a power of 2832 Wp in the first stage of PLTS, whereas in the second stage PLTS gets the greatest efficiency value of 16.24%, with a power of 4115 Wp this efficiency value is strongly influenced by factors from the value of solar radiation and temperature so that it produces different input and output power, the efficiency value at PLTS Pamulang Viktor University very good, not exceeding the standards stated in the first stage of the PLTS data sheet, namely 20.6% and in the second stage of the PLTS data sheet, namely 20.9%.

Keywords: PLTS; solar panels; solar radiation; tilt angle; efficiency

PENDAHULUAN

Energi baru terbarukan (renewable Energy) merupakan sebuah sumber energi yang di hasilkan dari proses alam yang keberadaannya sangat bermanfaat baik bagi lingkungan serta sifat nya yang berkelanjutan (Rudawin et al., 2020), penemuan ini sangat diminati dan berpotensi besar serta pengembangannya ke depan (Yandri, n.d.) salah satu sistem energi terbarukan ini adalah dengan pemanfaatan dari cahaya matahari yang selanjutnya di rubah menjadi energi listrik melalui teknologi yang bernama fotovoltaik (PV) dapat secara langsung merubah energi matahari menjadi energi listrik melalui konsep dari sistem kerja fotoelektrik (Samsurizal et al., 2019).

Permasalahan utama pada fotovoltaik adalah besarnya daya keluaran yang

dihasilkan relatif tidak konstan karena di pengaruhi oleh besar kecil nya intensitas cahaya matahari yang di paparkan kepada PV tersebut (Sartono, 2021), Energi yang dihasilkan oleh fotovoltaik berbanding lurus dengan besarnya intensitas matahari yang diterima oleh sel fotovoltaik yang terkena paparan radiasi matahari, semakin besar intensitas matahari yang diterima oleh sel fotovoltaik maka semakin besar energi yang di hasilkan (Anoi et al., 2019), besarnya intensitas matahari di pengaruhi karena beberapa faktor seperti lokasi, pemasangan modul PV, gerak semu harian dan tahunan, matahari, awan, suhu pada lingkungan yang ada di sekitar, serta cuaca yang berubah-ubah yang tidak dapat di modifikasi (Hutajulu et al., 2020).

Untuk memaksimalkan intensitas matahari yang di terima oleh fotovoltaik,

maka dalam perancangan sistem di butuhkan sudut kemiringan panel surya yang paling tepat untuk menerima radiasi matahari yang paling tinggi sehingga akan mendapatkan arus listrik yang maksimal (Sharma et al., 2020), sudut yang mempengaruhi pemasangan panel surya pada instalasi ada dua macam, yaitu sudut kemiringan terhadap bidang horizontal atau yang biasa di sebut slop dan sudut yang di ukur searah dengan acuan arah pindah nya matahari atau yang biasa di sebut dengan sudut azimuth (Mansour et al., 2021).

Secara umum Penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh sudut kemiringan pada panel surya (Abdul Kodir Albahar & Haqi, 2020), dengan intensitas radiasi matahari yang di terima oleh modul PV terhadap daya keluaran sel fotovoltaik dan perubahan efisiensi sel fotovoltaik pada setiap periode waktu harian, dengan metode langsung, analisis visual, serta studi pustaka atau penelitian terdahulu serta penelitian perencanaan yang akan dilakukan (Siahaan et al., 2020).

TEORI

Faktor yang Mempengaruhi Produksi Energi PLTS

Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi energi listrik pada PLTS adalah antaralain, iradiasi matahari, suhu modul surya, *shading*, tingkat kebersihan modul surya, sudut kemiringan, serta orientasi pemasangan modul surya, energi yang dihasilkan modul surya akan menurun seiring dengan seiring dengan menurun nya radiasi matahari, energi yang dihasilkan modul surya akan menurun seiring dengan meningkatnya suhu tergantung dari besarnya koefisien suhu pada modul surya, penurunan produksi energi yang di pengaruhi oleh kenaikan suhu adalah sekitar

0,4% setiap peningkatan 1°C, ketika benda-benda di sekeliling PLTS yang menghalangi penyinaran matahari ke modul surya dan kotoran yang menempel pada modul surya akan mengurangi nilai radiasi yang di terima oleh modul surya sehingga menurun nya produksi energi listrik, sudut pemasangan kemiringan modul surya berpengaruh dalam penyerapan radiasi matahari, setiap lokasi mempunyai nilai optimal pada pemasangan modul surya.

Geometri Radiasi Matahari

Untuk mengetahui relatif posisi matahari terhadap modul surya di butuhkan beberapa parameter letak kedudukan dan posisi matahari hal ini perlu untuk mengkonversikan harga fluks berkas yang di terima dari arah ekivalen kearah normal permukaan, berikut ini adalah beberapa definisi yang digunakan, antara lain :

1. Latitude (Garis Lintang) adalah sudut lokasi di sebelah utara atau selatan dari Equator (katulistiwa), utara positif $-90^{\circ} \leq \varphi \leq 90^{\circ}$.
2. Deklinasi adalah sudut posisi matahari terhadap bidang katulistiwa, sudut ini memiliki variasi musiman yang di sebabkan oleh kemiringan bumi pada sumbu rotasinya dan revolusi bumi terhadap matahari deklinasi akan selalu ada pada 0° , namun bumi memiliki kemiringan $23,45^{\circ}$ dan sudut deklinasi bervariasi dari $+23,45^{\circ}$ hingga $-23,45^{\circ}$.
3. Kemiringan artinya sudut antara permukaan bidang yang di nyatakan dengan permukaan horizontal, Slope (Kemiringan).
4. Sudut Permukaan Azimuth adalah proyeksi bidang horizontal normal terhadap permukaan dari lokasi bujur, dengan nol menghadap selatan, timur

negatif, barat positif : $-180^\circ \leq \gamma \leq 180^\circ$.

5. Sudut Datang adalah sudut antara permukaan radiasi langsung normal vertikal terhadap radiasi langsung vertikal kolektor.
6. Sudut Zenith adalah sudut antara garis vertikal bidang normal dan garis datang sinar matahari.
7. Sudut Ketinggian Matahari merupakan sudut antara garis horizontal dengan garis matahari datang pada modul surya (Fotovoltaik).

Perhitungan Daya dan Efisiensi Panel Surya

1. Fill Factor

Daya pengisi atau *Fill Factor* (FF) adalah rasio antara daya aktual dari panel surya dengan arus dan tegangan maksimal yang mana adalah arus *short circuit* dan tegangan *open circuit*.

$$FF = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}} \quad (1)$$

2. Daya Masukan (*Input power*)

Perhitungan daya *input* bertujuan untuk mengetahui besar daya yang diterima modul panel surya.

$$P_{in} = I_r \times A \quad (2)$$

3. Daya Keluaran (*Output Power*)

Daya output maksimum dari panel surya dapat dihitung dari data hasil pengukuran V_{oc} , I_{sc} dan nilai fill factor.

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \quad (3)$$

4. Daya Maksimum

Daya maksimum adalah daya yang dihasilkan oleh suatu sistem pada PLTS diperoleh dari perkalian antara arus dan tegangan.

$$P_{max} = V_{max} \times I_{max} \quad (4)$$

5. Efisiensi Panel Surya

Efisiensi panel surya (η) adalah rasio atau perbandingan antara nilai daya output oleh

panel surya dengan daya input dari intensitas radiasi matahari.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \quad (5)$$

METODOLOGI

Metode penelitian yang di gunakan pada penelitian ini adalah studi literatur dan studi kasus kuantitatif, studi literatur di gunakan untuk mengetahui dasar-dasar dari sistem pembangkit listrik tenaga surya, bagaimana prinsip kerjanya, hingga bagaimana pengaruh sudut kemiringan panel surya terhadap daya listrik yang dihasilkan, studi kasus kuantitatif dalah hal ini adalah pengembangan penelitian pada sistem PLTS yang sudah terpasang

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan dengan memonitoring dan pengukuran langsung selama 5 hari, dimulai dari jam 09:00 – 17:00 WIB, dengan rentan waktu satu jam sekali, sedangkan variable yang dianalisis yaitu, radiasi, arus, tegangan dan temperatur, dengan alat ukur Angle Meter, untuk mengukur sudut kemiringan modul surya, PV 200 Tester, untuk mengukur paparan radiasi matahari dan temperatur dan software IsolarCloud, untuk memonitoring arus dan tegangan yang di hasilkan oleh sistem PLTS Unpam.

Ada beberapa prosedur yang perlu diperhatikan pada pengujian sistem pembangkit listrik tenaga surya diantaranya adalah:

1. Memeriksa dan mengamati ketelitian dan kecermatan alat ukur yang digunakan pada pengujian
2. Mencatat data-data hasil pengukuran pada tabel yang sudah disediakan
3. Setelah data-data dari hasil pengujian terkumpul kemudian langkah selanjutnya dilakukan pengolahan data.

Sistem PLTS Universitas Pamulang Viktor

Sistem PLTS Universitas Pamulang secara skematik diilustrasikan pada Gambar 1, terbagi menjadi dua tahapan sistem, di pasang dengan berbeda sudut kemiringan, pada PLTS tahap pertama pemasangan tetap PV modul adalah dengan sudut 6° dan PLTS tahap ke 2 pemasangan PV modul adalah dengan sudut 15°.



Gambar 1. Sistem PLTS Unpam

Adapun jenis PV yang terpasang pada sistem PLTS Universitas Pamulang pada tahap pertama yaitu menggunakan PV Modul Canadian Solar type CS3Y-485 MS jenis monokristalin dengan kapasitas 485 Wp, dengan total PV 96 unit dan memiliki jumlah string sebanyak 6 string, Pada setiap string menggunakan 16 PV modul, daya yang dihasilkan pada setiap string yaitu 7,760 Wp dan daya keseluruhan yang dihasilkan yaitu 46,560 Wp. Spesifikasi modul PV ini diberikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Modul Surya Canadian Solar

Modul type	CS3Y-485W
Nominal Maximum power (P_{max})	485 Wp
Optimum Operating Voltage (V_{mp})	44,4 V
Optimum Operating Power Current (I_{mp})	10,94 A
Open-Circuit Voltage (V_{oc})	53,1 V
Short-circuit Current (I_{sc})	11,62 I
Maximum System Voltage	1000 V
Maximum Series Fuse Rating	20 A
Power Tolerance	+ 3%
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	42 ± 3°C

Pada PLTS Universitas Pamulang tahap ke dua menggunakan PV modul JA solar monokristalin tipe JAM-72S30-540/MR dengan kapasitas 540 Wp dengan total PV modul 102 unit, dengan 6 string memiliki 17 PV modul pada setiap string, daya yang dihasilkan 9.180 Wp pada stiap string, dan total daya yang dihasilkan yaitu sebesar 55.080 Wp. Spesifikasi modul Surya JA diberikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Modul Surya JA-Solar

Modul Type	JAM-72S30-540/MR
Peak Power (P_{max})	540 W
Max Power Voltage (V_{mp})	41,64 V
Max Power Current (I_{mp})	12,97 A
Open Circuit Voltage (V_{oc})	49,60 V
Short Circuit Current (I_{sc})	13,86 A
Modul Efficiency	20,9 %
Maximum Rated Current Serries	12.97
Power Selection	0 ± 5
Max System Voltage	1500 V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Sudut Kemiringan Panel Surya dan Pengambilan Data

Pada Sistem PLTS Universitas Pamulang Viktor memiliki dua sistem PLTS yang berbeda dengan ketetapan sudut kemiringan, pada sistem PLTS tahap pertama memiliki nilai sudut miring tetap adalah 6° sedangkan pada sistem PLTS tahap kedua memiliki nilai sudut kemiringan tetap yaitu 15°, pengukuran sudut kemiringan dengan menggunakan alat *angle meter*. Proses pengukuran diilustrasikan pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Pengukuran sudut kemiringan PLTS tahap 1



Gambar 3. Pengukuran sudut kemiringan PLTS tahap 2

Pengambilan data paparan radiasi matahari ke panel fotovoltaiik dengan menggunakan PV 200 tester, pengukuran intensitas radiasi matahari dilakukan untuk mengetahui seberapa besar cahaya matahari yang diperoleh oleh panel surya, intensitas cahaya matahari akan mempengaruhi nilai-nilai arus dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya, pengukuran suhu pada panel surya bertujuan untuk mengetahui hubungan antara daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh panel surya terhadap intensitas matahari yang di dapatkan, pengukuran radiasi matahari dilakukan pada setiap string fotovoltaiik. Proses pengukuran diberikan pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Pengambilan data radiasi matahari PLTS tahap 1



Gambar 5. Pengambilan data radiasi matahari PLTS tahap 2

Monitoring tegan dan arus pada inverter dengan software Isolarcloud pada PLTS tahap satu dan pada layar inverter untuk PLTS tahap ke dua, proses ini dilakukan untuk mengetahui arus dan tegangan yang di hasilkan oleh PV modul, bertujuan untuk mengetahui daya dari konversi listrik yang di hasilkan seta efisiensi pada sistem PLTS Universitas Pamulang Viktor.

Informasi Run	
Informasi PV	
Tegangan 1 String	679,0 V
Arus 1 String	5,09 A
Tegangan 2 String	679,0 V
Arus 2 String	6,97 A
Tegangan 3 String	675,9 V
Arus 3 String	5,32 A
Tegangan 4 String	675,9 V
Arus 4 String	7,04 A
Tegangan 5 String	632,6 V
Arus 5 String	5,28 A
Tegangan 6 String	632,6 V
Arus 6 String	7,02 A
Tegangan 7 String	189,9 V
Arus 7 String	0,00 A
Tegangan 8 String	189,9 V
Arus 8 String	0,00 A

Gambar 6. Monitoring tegangan dan arus PLTS tahap 1



Gambar 7. Monitoring tegangan dan arus PLTS tahap 2

Pengambilan Data Pada Setiap String Data String PLTS Tahap 1

Tabel 3. Pengukuran Hari ke 1 Jam 13:00 WIB PLTS Tahap 1

Hari	Jam (WIB)	String	Sudut (°)	Radiasi W/m ²	Tegangan DC (V)	Arus DC (A)	Suhu PV (°C)	Suhu Ambiance (°C)
Hari ke 1	13:00	1	6	1059	649,3	2,27	42	40
		2	6	1054	649,3	2,73	42	41
		3	6	1010	630,8	2,42	42	40
		4	6	1056	630,8	2,77	41	40
		5	6	1047	640,7	2,29	42	41
		6	6	1042	640,7	2,64	42	40
Nilai Rata-rata				1045	640,27	2,52	42	40

Pada Tabel 3, adalah data hasil pengukuran radiasi matahari pada setiap string sistem PLTS, tegangan, arus, serta temperatur, dengan nilai tertinggi yaitu pada jam 13:00 WIB pada hari ke satu PLTS tahap ke 1.

Data String PLTS Tahap 2

Tabel 4. Pengukuran Hari Ke 1 Jam 13:00 WIB PLTS Tahap 2

Hari	Jam (WIB)	String	Sudut (°)	Radiasi W/m ²	Tegangan DC (V)	Arus DC (A)	Suhu PV (°C)	Suhu Ambiance (°C)
Hari ke 1	13:00	1	15	969	618,3	2,3	40	37
		2	15	971	639,0	2,1	40	36
		3	15	965	640,2	2,2	40	38
		4	15	967	624,4	2,8	41	38
		5	15	898	637,7	1,9	41	36
		6	15	893	629,4	2,1	40	37
Nilai Rata-rata				944	631,50	2,23	40	37

Pada Tabel 4 adalah data hasil pengukuran radiasi matahari, tegangan, arus, serta temperatur, dengan nilai tertinggi yaitu pada jam 13:00 WIB pada hari ke satu PLTS tahap ke 2.

Rata-rata Pengujian Modul Surya Harian Nilai Rata-rata Harian PLTS Tahap 1

Tabel 5. Nilai Rata-rata Hari Ke 1 PLTS Tahap Ke 1

Hari	Jam (WIB)	Sudut (°)	Radiasi W/m ²	Tegangan DC (V)	Arus DC (A)	Suhu PV (°C)	Suhu Ambiance (°C)
Hari Ke 1	9:00	6	567	663	6,12	41	37
	10:00	6	789	668	8,14	41	40
	11:00	6	912	666	9,50	47	40
	12:00	6	1024	625	9,80	42	40
	13:00	6	1045	640	2,52	41	40
	14:00	6	875	663	2,03	35	37
	15:00	6	635	680	5,96	38	35
	16:00	6	366	683	1,60	30	31
	17:00	6	103	685	1,17	30	30
	Rata-rata Harian			702	663,57	5,20	38

Pada Tabel 5, menunjukkan data rata-rata harian, nilai ini di ambil hasil penjumlahan dari nilai rata-rata data per *string* PLTS, dapat di lihat radiasi matahari pada jam 09:00 WIB akan terus meningkat sampai puncaknya yaitu pada jam 13:00 WIB.

Nilai Rata-rata Harian PLTS Tahap 2

Tabel 6. Nilai Rata-rata Hari ke 1 PLTS Tahap Ke 2

Hari	Jam (WIB)	Sudut (°)	Radiasi W/m ²	Tegangan DC (V)	Arus DC (A)	Suhu PV (°C)	Suhu Ambiance (°C)
Hari Ke 1	9:00	15	527	649	7,58	41	37
	10:00	15	782	627	10,20	41	42
	11:00	15	836	630	7,98	42	39
	12:00	15	910	630	12,80	48	46
	13:00	15	944	632	2,23	40	37
	14:00	15	723	618	9,68	37	37
	15:00	15	567	581	7,77	38	37
	16:00	15	333	579	1,65	33	35
17:00	15	112	435	1,33	30	31	
Rata-rata Harian			637	597,88	6,80	39	38

Pada Tabel 6, menunjukkan data rata-rata harian, nilai ini di ambil hasil penjumlahan dari nilai rata-rata data perstring plts, dan dapat di lihat radiasi matahari pada jam 09:00 WIB akan terus meningkat sampai puncaknya yaitu pada jam 13:00 WIB seiring dengan kenaikan suhu pada PV dan suhu ambiance, dan akan menurun pada jam 14:00 WIB sampai dengan 17:00 WIB.

Daya dan Efisiensi

Daya dan Efisiensi PLTS Tahap 1

Tabel 7. Daya dan Efisiensi Hari ke 1 PLTS Tahap 1

Hari	Jam (WIB)	Radiasi (W/m ²)	Suhu PV (°C)	Suhu Ambiance (°C)	Pin (Wp)	Pout (Wp)	Efisiensi (%)
Hari Ke 1	9:00	567	41	37	21410	3192	14,9
	10:00	789	41	40	29793	4282	14,4
	11:00	912	47	40	34437	4981	14,5
	12:00	1024	42	40	38666	4818	12,5
	13:00	1045	41	40	39447	1270	3,2
	14:00	875	35	37	33046	1059	3,2
	15:00	635	38	35	23971	3189	13,3
	16:00	366	30	31	13820	861	6,2
17:00	103	30	30	3883	631	16,2	
Rata-rata harian		702	38	37	26497	2698	10,93

Pada Tabel 7, adalah hasil dari penjumlahan dari nilai radiasi, arus, tegangan serta *fill factor* sehingga mendapatkan nilai daya *input*, daya *output* dan efisiensi.

Daya dan Efisiensi PLTS Tahap 2

Tabel 8. Daya dan Efisiensi Hari ke 1 PLTS Tahap 2

Hari	Jam (WIB)	Radiasi (W/m ²)	Suhu PV (°C)	Suhu Ambiance (°C)	Pin (Wp)	Pout (Wp)	Efisiensi (%)
Hari Ke 1	9:00	527	41	37	22988	3866	16,82
	10:00	782	41	42	34086	5024	14,74
	11:00	836	42	39	36448	3950	10,84
	12:00	910	48	46	39660	6332	15,97
	13:00	944	40	37	41157	1106	2,69
	14:00	723	37	37	31528	4703	14,92
	15:00	567	38	37	24718	3548	14,35
	16:00	333	33	35	14535	750	5,16
17:00	112	30	31	4898	455	9,28	
Rata-rata Harian		637	39	38	27780	3304	11,64

Pada Tabel 8 adalah hasil dari penjumlahan dari nilai radiasi, arus, tegangan serta *fill factor* sehingga mendapatkan nilai daya *input*, daya *output* dan efisiensi.

Daya dan Efisiensi Total

Daya dan Efisiensi Total PLTS Tahap 1

Setelah dilakukan pengolahan data maka hasil yang di dapatkan, dapat di lihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Total Daya dan Efisiensi Panel Surya PLTS Tahap 1

Hari Ke	Sudut (°)	Radiasi (W/m ²)	Suhu PV (°C)	Suhu Ambiance (°C)	Total Pin (Wp)	Total Pout (Wp)	Efisiensi (%)
1	6	702	38	37	26497	2698	10,9
2	6	627	39	37	23674	2344	11,7
3	6	623	39	38	23511	2559	12,8
4	6	585	41	39	22088	2603	11,5
5	6	574	40	38	21674	2832	14,3
Total		3110	197	189	117444	13036	61%
Rata-rata		622	39	38	23489	2607	12%

Hasil dari perhitungan pada table 8, mendapatkan nilai radiasi total 3110 W/m² dalam kurun waktu lima hari, suhu PV rata-rata 39°C dan suhu ambiance 38°C hal ini akan mempengaruhi nilai dari efisiensi dari modul surya, terdapat total daya *input* yaitu sebesar 117.444 Wp dalam lima hari penelitian dan daya *output* 13036 Wp, serta efisiensi PV 61 % dalam kurun waktu lima

hari penelitian, dan nilai rata-rata harian dari hari pertama sampai hari ke lima mendapatkan nilai radiasi sebesar 622 W/m² daya *input* 23489 Wp, Arus 2607 Wp dan Efisiensi rata-rata sebesar 12%.

Daya dan Efisiensi Total PLTS Tahap 2

Setelah dilakukan pengolahan data maka hasil yang di dapatkan, dapat di lihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Total Daya dan Efisiensi Panel Surya PLTS Tahap 1

Hari Ke	Sudut (°)	Radiasi (W/m ²)	Suhu PV (°C)	Suhu Ambiance (°C)	Total Pin (Wp)	Total Pout (Wp)	Efisiensi (%)
1	15	637	39	38	27780	3304	11,6
2	15	579	38	37	25258	2974	10,9
3	15	498	37	36	21734	3374	14,6
4	15	531	37	35	23173	2726	12,3
5	15	547	40	35	23865	4115	16,2
Total		2793	190	181	121810	16492	66%
Rata-rata		559	38	36	24362	3298	13%

Hasil dari perhitungan pada Tabel 10, mendapatkan nilai radiasi total 2793 W/m² dalam kurun waktu lima hari, suhu PV rata-rata 38°C dan suhu ambiance 36°C hal ini akan mempengaruhi nilai dari efisiensi dari modul surya, terdapat total daya *input* yaitu sebesar 121810 Wp dalam lima hari penelitian dan daya *output* 16492 Wp, serta efisiensi PV 66 % dalam kurun waktu lima hari penelitian, dan nilai rata-rata harian dari hari pertama sampai hari ke lima mendapatkan nilai radiasi sebesar 559 W/m² daya *input* 24362 Wp, Arus 3298 Wp dan Efisiensi rata-rata sebesar 13%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang di lakukan didapatkan beberapa kesimpulan, dari sudut kemiringan pada PLTS Universitas Pamulang Viktor termasuk optimal karena dapat menghasilkan energi listrik yang baik pada setiap jam nya hampir mencapai 50% dari kebutuhan 46,560 Wp, dengan sudut kemiringan 6° pada PLTS

tahap 1 dan 15° pada PLTS tahap 2 dari kebutuhan 55.080 Wp memperoleh nilai tegangan dan arus yang baik terhadap energi listrik yang di suplai dari PLTS. Perbedaan nilai efisiensi pada modul fotovoltaik dari perbandingan waktu dan temperatur, memberikan nilai efisiensi yang didapat pada modul fotovoltaik Universitas Pamulang Viktor cukup baik tidak melebihi dari *standar test conditions* (STC), yaitu dengan nilai 20,6% pada PLTS tahap 1 dan 20,9% pada PLTS tahap ke 2.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kepada Universitas Pamulang khususnya prodi teknik elektro, atas sarana dan prasarana yang diberikan sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Kodir Albahar, & Haqi, M. F. (2020). PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN PANEL SURYA (PV) TERHADAP KELUARAN DAYA. *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna*, 8(3).
- Anoi, Y. H., Yani, A., & Yunanri, W. (2019). Analisis sudut panel solar cell terhadap daya output dan efisiensi yang dihasilkan. 8(2), 0–5.
- Hutajulu, A. G., RT Siregar, M., & Pambudi, M. P. (2020). RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ON GRID DI ECOPARK ANCOL. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 22(1). <https://doi.org/10.24912/tesla.v22i1.7333>
- Mansour, R. Ben, Mateen Khan, M. A., Alsulaiman, F. A., & Mansour, R. Ben. (2021). Optimizing the Solar PV Tilt Angle to Maximize the Power Output: A Case Study for Saudi Arabia. *IEEE Access*, 9. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3052933>

- Rudawin, L., Rajabiah, N., & Irawan, D. (2020). *Analisa sistem kerja photovoltaic berdasarkan sudut kemiringan menggunakan monocrystalline dan polycrystalline*. 9(1), 129–137.
- Samsurizal, S., Makkulau, A., & Christiono, C. (2019). ANALISIS PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN TERHADAP ARUS KELUARAN PADA PHOTOVOLTAIC DENGAN MENGGUNAKAN REGRETION QUADRATIC METHOD. *Energi & Kelistrikan*, 10(2). <https://doi.org/10.33322/energi.v10i2.286>
- Sartono, N. P. (2021). Analisis Pengaruh Perbedaan Posisi Sudut Kemiringan Panel Surya 120 Watt Peak Terhadap Peningkatan Efisiensi Menggunakan Solar Tracker. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*. [https://repository.pnj.ac.id/id/eprint/3246/%0Ahttps://repository.pnj.ac.id/eprint/3246/7/Laporan TA Nabila Pramesti_6E Bab1-Bab5.pdf](https://repository.pnj.ac.id/id/eprint/3246/%0Ahttps://repository.pnj.ac.id/eprint/3246/7/Laporan%20TA%20Nabila%20Pramesti_6E%20Bab1-Bab5.pdf)
- Sharma, M. K., Kumar, D., Dhundhara, S., Gaur, D., & Verma, Y. P. (2020). Optimal Tilt Angle Determination for PV Panels Using Real Time Data Acquisition. *Global Challenges*, 4(8). <https://doi.org/10.1002/gch2.201900109>
- Siahaan, R., Kusuma, I. W., & Adnyana, I. B. (2020). Pengaruh Sudut B dan W pada PLTS di PT Indonesia Power. *Jurnal METTEK*, 6(1). <https://doi.org/10.24843/mettek.2020.v06.i01.p08>
- Yandri, V. R. (n.d.). PROSPEK PENGEMBANGAN ENERGI SURYA UNTUK KEBUTUHAN LISTRIK DI INDONESIA. In *JIF* (Vol. 4)