

ANALISA PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN PANEL SURYA KAPASITAS 10 WATT PEAK (WP) TIPE MONOCRYSTALLINE TERHADAP DAYA OUTPUT

Yefta George Emes^{1*}, Jemmy Charles Kewas², Moh. Fikri Pomalingo³

¹Program Studi Teknik Mesin, *E-mail: emesyefta9@gmail.com

² Program Studi Teknik Mesin, E-mail : jemmycharles@unima.ac.id

³Fakultas Teknik Universitas Negeri Manado

ABSTRAK

Sumber *energy* terbarukan mempunyai sifat terbarukan serta berkesinambungan dan pemanfaatan sumber *energy* terbarukan merupakan alternatif yang perlu terus dikembangkan. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) menggunakan *energy* matahari sebagai sumber terbarukan dan mengkonversi *energy* matahari menjadi *energy* listrik. Untuk memaksimalkan intensitas matahari yang diterima oleh *photovoltaic*, perancangan sistem membutuhkan sudut kemiringan yang tepat dari *photovoltaic* untuk menerima radiasi matahari maksimum. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh sudut kemiringan panel surya tipe *monocrystalline* kapasitas 10 wp yang optimal dalam menghasilkan daya *output*. Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimen semu (quasi eksperimen) yaitu jenis penelitian eksperimen dimana peneliti tidak mampu mengontrol variabel yang diteliti. Berdasarkan data penelitian yang dilakukan didapat hasil bahwa, semakin besar sudut kemiringan panel surya semakin besar daya *output* yang dihasilkan. Dengan nilai rata-ratanya, untuk sudut 0° 5,1 Watt, 2° 3,9 Watt, 4° 4,7 Watt, 6° 3,5 Watt, 8° 5,3 Watt, dan 10° 2,8 Watt. Untuk sudut kemiringan panel surya yang menghasilkan daya dalam jumlah yang lebih besar adalah pada sudut 8° LS dengan nilai 5,3 Watt. Sudut kemiringan panel surya berpengaruh terhadap keluaran daya berupa tegangan dan arus pada panel surya.

Kata kunci : Sel Surya, *Monocrystalline 10 WP* ,Sudut Kemiringan, Daya Output

I. PENDAHULUAN

Sumber *energy* terbarukan mempunyai sifat terbarukan serta berkesinambungan dan pemanfaatan sumber *energy* terbarukan merupakan alternatif yang perlu terus dikembangkan. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menggunakan *energy* matahari sebagai sumber terbarukan dan mengkonversi *energy* matahari menjadi *energy* listrik (Samsurizal dkk, 2018).

Energy panas matahari sangat melimpah di daerah yang memiliki iklim tropis seperti di Indonesia yang selalu disinari Matahari sepanjang tahun. Hal itu menjadi sumber *energy* yang sangat berpotensi untuk dikembangkan. Salah satu contohnya pemanfaatan *energy* matahari untuk menghasilkan *energy* listrik yang sering disebut dan lebih dikenal oleh masyarakat yaitu *solar cell* (Dzulfikar D & Broto W, 2016).

Pemakaian *solar cell* di Indonesia mempunyai prospek yang sangat baik, mengingat bahwa secara geografis sebagai negara tropis, melintang garis katulistiwa berpotensi *energy* surya yang cukup baik. Pemanfaatan Tenaga Surya melalui konversi

Photovoltaic telah banyak diterapkan antara lain, penerapan sistem individu dan sistem hybrid yaitu sistem penggabungan antara sumber *energy* konvensional dengan sumber *energy* terbarukan (Gultom, 2015).

Agar maksimum *energy* listrik keluaran dari sel surya, maka permukaan panel harus selalu mengarah ke sudut datangnya matahari. Di Indonesia, *energy* listrik keluaran dari sel surya yang optimum dapat diperoleh apabila panelnya diarahkan dengan kemiringan sudut sebesar lintang lokasi pembangkit tenaga surya tersebut berada (Assiddiq H & Bastomi M, 2019).

Sudut kemiringan optimal panel surya merupakan salah satu faktor penentu terhadap penerimaan jumlah radiasi surya dalam jumlah maksimal, sehingga akan berdampak terhadap daya keluaran panel surya. Maka dari itu peneliti hendak melakukan penelitian tentang bagaimana pengaruh sudut kemiringan terhadap daya Output dari panel surya 10 wp tipe *Monocrystalline*.

Identifikasi masalah pada penelitian ini adalah :

1. Cuaca berpengaruh terhadap daya *Output* panel surya
2. Radiasi matahari berpengaruh terhadap daya output panel surya
3. Sudut kemiringan optimal panel surya merupakan salah satu faktor penentu terhadap penerimaan jumlah radiasi surya dalam jumlah maksimal

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Panel surya yang digunakan adalah tipe *Monocrystalline* kapasitas 10 wp.
2. Sudut Kemiringan 0°, 2°, 4°, 6°, 8° dan 10° Lintang Selatan.
3. Tempat penelitian di Kab. Minahasa, Kec. Tondano Selatan.
4. Penelitian dilakukan pada pukul 10.00 – 15.00 WITA.

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah, bagaimana pengaruh sudut kemiringan panel surya tipe *Monocrystalline* 10 wp yang optimal dalam menghasilkan daya *Output*

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh sudut kemiringan panel surya tipe *Monocrystalline* 10 wp yang optimal dalam menghasilkan daya *Output*.

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat menjadi referensi dalam membuat rancangan sistem pembangkit listrik tenaga terbarukan yang lebih efektif dengan memberikan solusi terhadap hasil penelitian.
2. Meningkatkan efektifitas dan daya tarik dalam penggunaan dan pengalihan pembangkit listrik tenaga fosil menjadi tenaga *energy* terbarukan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energy Matahari

Menurut Siahaan, Kusuma & Adnyana (2020) Matahari merupakan sumber *energy* yang diharapkan mampu mengatasi permasalahan kebutuhan *energy*, setelah berbagai sumber *energy* konvensional berkurang jumlahnya serta tidak ramah lingkungan. *Energy* matahari yang begitu besar, membuat sel surya menjadi sumber *energy* alternatif untuk masa depan yang sangat menjanjikan.

2.2 Panel Surya

Panel surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi *energy* surya menjadi *energy* listrik dengan prinsip *Photovoltaic*. Modul surya adalah kumpulan beberapa sel surya, dan panel surya adalah kumpulan beberapa modul surya. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh sel surya dipengaruhi oleh dua variabel fisis, yaitu intensitas radiasi cahaya matahari dan suhu lingkungan. Intensitas radiasi cahaya matahari yang diterima sel surya sebanding dengan tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh sel surya, sedangkan

apabila suhu lingkungan semakin tinggi dengan intensitas radiasi cahaya matahari yang tetap, maka tegangan panel surya akan berkurang dan arus listrik yang dihasilkan akan bertambah (Suryana D, 2016).

Jumlah *energy* yang dihasilkan oleh panel surya bergantung kepada *energy* matahari yang tersedia, yang pada khususnya bergantung pada arah modul surya terhadap matahari. Ketika panel surya mendapat masukan berupa intensitas cahaya matahari maka akan dapat menghasilkan arus. Besar arus yang dihasilkan oleh panel surya berbanding lurus dengan besar intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam sel surya. Besar intensitas cahaya matahari berubah sesuai dengan pergeseran posisi matahari (Sihite, 2021).



Gambar 1 Panel Surya

(Sumber : Julisman, Sara & Siregar. 2017)

Jenis-jenis Panel Surya

1. Polycrystalline
2. *Thin Film Solar cell* (TFSC)
3. *Monocrystalline*

Jenis ini terbuat dari batangan kristal silikon murni yang diiris tipis-tipis. Kira-kira hampir sama seperti pembuatan keripik singkong. Satu singkong diiris tipis-tipis, untuk menghasilkan kepingan-kepingan keripik yang siap digoreng. Singkong yang mudah diiris tipis-tipis, beda dengan kristal silikon murni yang membutuhkan teknologi khusus untuk mengirisnya menjadi kepingan-kepingan kristal silikon yang tipis. Dengan teknologi seperti ini, akan dihasilkan kepingan sel surya yang identik satu sama lain dan berkinerja tinggi. Sehingga menjadi sel surya yang paling efisien dibandingkan jenis sel surya lainnya, sekitar 15% - 20% (Fitryah, 2015).

Panel surya *monocrystalline* merupakan panel yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan (Napitupulu, dkk. 2017).

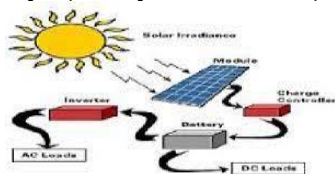


Gambar 2 Panel surya Monocrystalline

(Sumber : Magga R & Arifin Y. 2015)

Prinsip Kerja Sel Surya (*Photovoltaic*)

Prinsip kerja dari *photovoltaik* adalah *energy* foton pada cahaya matahari ini menghasilkan *energy* kinetik yang mampu melepaskan elektron-elektron ke pita konduksi sehingga menimbulkan arus listrik. *Energy* kinetik akan makin besar seiring dengan meningkatnya intensitas cahaya dari matahari. Intensitas cahaya matahari tertinggi diserap bumi di siang hari sehingga menghasilkan tenaga surya yang diserap bumi ada sekitar 120.000 Terra Watt. Jenis logam yang digunakan juga akan menentukan kinerja dari pada sel surya (Arrasyid A. H, 2017).



Gambar 3 Sistem kerja sel surya
(Sumber : Engelbertus, T. 2016)

2.2 Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya

Matahari selalu mengalami perubahan jalur dalam satu tahun ke arah lintang (arah selatan utara). Kisaran pergerakan jalur matahari adalah dari 23° 0,26' lintang utara sampai 23° 0,26' lintang selatan. Sudut kemiringan (*tilt angle*) panel surya adalah sudut panel surya pada arah latitude terhadap garis horizontal, dan sudut azimuth adalah sudut penyimpangan panel surya terhadap garis lintang. Sudut kemiringan dan sudut azimuth panel surya pemasangan tetap sangat mempengaruhi total daya yang dapat dihasilkan panel surya (Yassir Y, 2019).

Rangkaian panel surya harus dipasang dengan sudut kemiringan dan sudut azimuth yang tepat, yaitu arah kompas dari arah datangnya sinar matahari. Arah hadap panel surya sangat menentukan jumlah keluaran yang cukup dari pembangkit listrik. Idealnya, arah hadap panel surya harus diatur tegak lurus dengan sinar matahari untuk menerima radiasi secara langsung (Shalih & Suratno, 2019).

Kemiringan sudut merupakan faktor penting yang mempengaruhi jumlah penerimaan radiasi matahari pada permukaan panel surya. Panel surya yang dipasang tetap tidak dapat menerima jumlah radiasi matahari dengan maksimal. Cara mendapatkan radiasi matahari maksimal dengan memposisikan permukaan panel surya pada kemiringan tertentu agar tepat menghadap matahari. Untuk mendapatkan *energy* keluaran maksimal, dapat dilakukan dengan mengoptimalkan penerimaan radiasi matahari oleh panel surya. Untuk itu perlu memposisikan panel surya pada sudut kemiringan dan azimuth tertentu agar dapat menerima radiasi matahari secara maksimal (Pandria dkk, 2021).

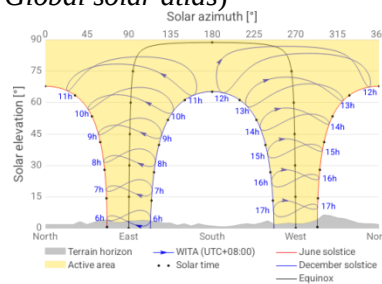
Kemiringa panel surya di setiap wilayah berbeda-beda, hal itu di karenakan posisi matahari

yang berubah, untuk mengetahui kemiringan panel surya yang efektif sesuai wilayah, dapat dilihat pada *global solar atlas*, seperti pada table dibawah.

Table 1 Laporan Global solar atlas di Tondano

Output daya <i>Photovoltaic</i> spesifik	1420.6 kWh/kWp
Iradiasi normal langsung	1351.5 kWh/m ²
Iradiasi horizontal global	1767.5 kWh/m ²
Iradiasi horizontal difus	834.2 kWh/m ²
Iradiasi miring global pada sudut optimal	1768.4 kWh/m ²
Kemiringan optimal modul PV	2/180 °
Suhu udara	22.6 °C
Ketinggian medan	693 m

(Sumber : *Global solar atlas*)



Gambar 4 Diagram jalur matahari di Tondano
(Sumber : globalsolaratlas.info)

III. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimen semu (quasi eksperimen) yaitu jenis penelitian eksperimen dimana peneliti tidak mampu mengontrol variabel yang diteliti. Pada dasarnya eksperimen semu merupakan pengembangan dari penelitian *true experimental* dimana pengontrolan variabel luar sulit dilakukan.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah sudut kemiringan.

Variabel terkait dalam penelitian ini adalah daya *Output*.

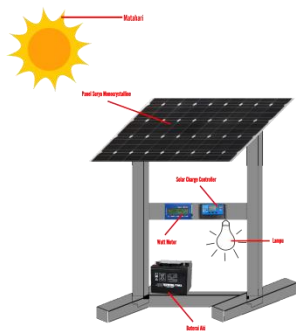
Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Minahasa Kecamatan Tondano Selatan, dengan waktu pelaksanaan penelitian yaitu pada 10 Januari – 31 Januari 2022.

Alat Dan Bahan Penelitian :Panel Surya, Baterai Aki, Watt Meter, Solar Charge Controller, Lampu, Kabel, Inclinometer Smartphone Kompas.

Table 2 Parameter pengukuran panel surya

Jam	Output Posisi Sudut Kemiringan Panel Surya (°) Lintang Selatan Di Tondano Selatan		
	Drajat (°)		
	V	A	W
10.00			
11.00			
12.00			
13.00			
14.00			
15.00			

Sketsa Instalasi



Gambar 5 Sketsa Instalasi

4.1 Data Hasil Pengujian Tegangan (V), Arus (A), Dan Daya (Watt) Pada Berbagai Sudut Kemiringan Panel Surya Di Tondano Selatan

Pada penelitian ini pengambilan data posisi/sudut panel surya terhadap matahari dilakukan bertujuan untuk mengetahui seberapa besar daya *output* pada selang waktu tertentu. Pengambilan data dilakukan dalam jangka waktu pukul 10.00 WITA hingga pukul 15.00 WITA.

Sudut kemiringan optimal panel surya kapasitas 10 wp terhadap daya *output* berdasarkan hasil pengujian dan analisa dapat disimpulkan bahwa penyesuaian sudut miring permukaan panel surya dari jam 10.00 WITA – 13.00 WITA dengan orientasi menghadap Lintang Selatan pada variasi sudut 0°, 2°, 4°, 6°, 8° dan 10° dapat meningkatkan penerimaan radiasi matahari oleh panel surya.

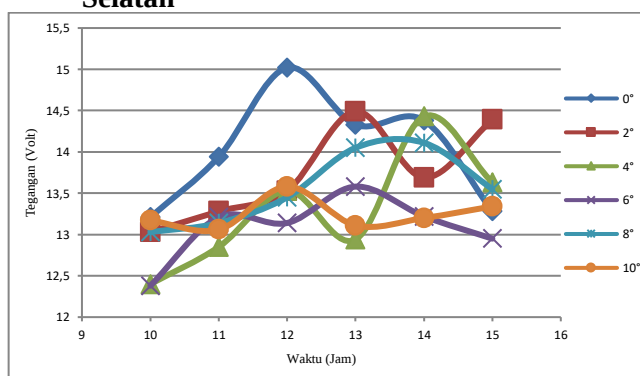
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Table 3 Pengujian sudut kemiringan panel surya terhadap tegangan, arus, dan daya di Tondano Selatan

Jam	Output Posisi Sudut Kemiringan Panel Surya (°) Lintang Selatan Di Tondano Selatan																	
	0°			2°			4°			6°			8°			10°		
	V	I	P	V	I	P	V	I	P	V	I	P	V	I	P	V	I	P
10.00	13.21	0.45	5.9	13.03	0.43	5.6	12.4	0.22	2.7	12.38	0.16	1.9	13.03	0.53	6.9	13.17	0.57	7.5
11.00	13.94	0.52	7.2	13.28	0.47	6.2	12.85	0.46	5.9	13.21	0.58	7.6	13.14	0.41	5.3	13.06	0.30	3.9
12.00	15.02	0.16	2.4	13.53	0.42	5.6	13.53	0.70	9.4	13.14	0.22	2.8	13.45	0.43	5.7	13.58	0.42	5.7
13.00	14.33	0.59	8.4	14.49	0.30	4.3	12.94	0.00	0.0	13.58	0.58	7.8	14.05	0.62	8.7	13.11	0.00	0.0
14.00	14.38	0.49	7.0	13.69	0.00	0.0	14.43	0.48	6.9	13.22	0.10	1.3	14.11	0.40	5.6	13.2	0.00	0.0
15.00	13.28	0.00	0.0	14.39	0.12	1.7	13.63	0.28	3.8	12.95	0.00	0.0	13.55	0.00	0.0	13.34	0.00	0.0
Total	84.16	2.21	30.9	82.41	1.74	23.4	79.78	2.14	28.7	78.48	1.64	21.4	81.33	2.39	32.2	79.46	1.29	17.1
Rata-rata	14.02	0.36	5.1	13.73	0.29	3.9	13.29	0.35	4.7	13.08	0.27	3.5	13.55	0.39	5.3	13.24	0.21	2.8

Keterangan : V = Tegangan (Volt)
I = Arus (Ampere)
P = Daya (Watt)

A. Hubungan Antara Waktu Dan Tegangan Panel Surya Lintang Selatan Di Tondano Selatan



Gambar 6 Tegangan Pada Berbagai Variasi Sudut Kemiringan Panel Surya Lintang Selatan di Tondano Selatan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan menunjukan bahwa tegangan mengalami penurunan karena kondisi matahari tertutup awan pada saat itu.

Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh sel surya dipengaruhi oleh dua variabel fisis, yaitu intensitas radiasi cahaya matahari dan suhu lingkungan. Intensitas radiasi cahaya matahari yang diterima sel surya sebanding dengan tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh sel surya, sedangkan apabila suhu lingkungan semakin tinggi dengan intensitas radiasi cahaya matahari yang tetap, maka tegangan panel surya akan berkurang dan arus listrik yang dihasilkan akan bertambah (Suryana D, 2016).

Panel surya *monocrystalline* merupakan panel yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan (Napitupulu, dkk, 2017).

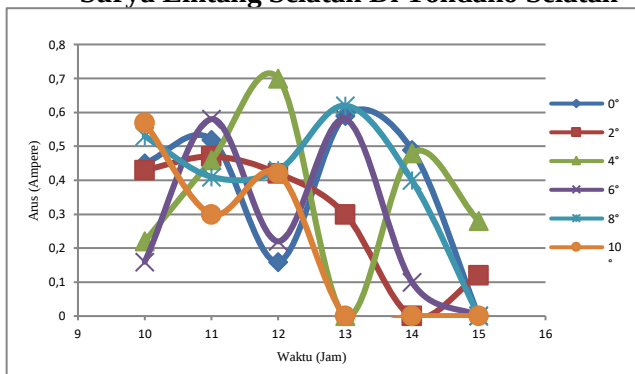
Jika dilihat dari segi waktu penyinaran matahari, semakin sore intensitas matahari akan semakin turun yang akan mempengaruhi luaran tegangan panel surya. Arrasyid A. H. (2017)

berpendapat bahwa Intensitas cahaya matahari tertinggi diserap bumi di siang hari.

Jika dilihat dari gambar. 5 kemiringan panel surya mempunyai pengaruh terhadap intensitas cahaya matahari, semakin kecil nilai sudut kemiringan panel surya maka semakin besar intensitas matahari yang dihasilkan yang mempengaruhi tegangan panel surya.

Bahari, Laka & Rosmiati (2017) berpendapat bahwa Bertambah besar arah sudut vertikal maka tegangan juga akan menurun dan juga sebaliknya bertambah kecil sudut pengarah maka besaran tegangan juga berkurang.

B. Hubungan Antara Waktu Dan Arus Panel Surya Lintang Selatan Di Tondano Selatan



Gambar 7. Arus Pada Berbagai Variasi Sudut Kemiringan Panel Surya Lintang Selatan di Tondano Selatan

Nilai arus yang tinggi disebabkan karena pada saat itu panel surya mendapatkan berkas cahaya yang maksimal. Dengan mengarahkan panel surya pada kemiringan tertentu, radiasi surya yang diterima dapat dioptimalkan, yang selanjutnya hal ini akan memperbesar keluaran rata-rata sel surya. Secara umum, kemiringan panel surya disesuaikan dengan posisi lintang lokasi penempatan agar arus keluaran panel surya.

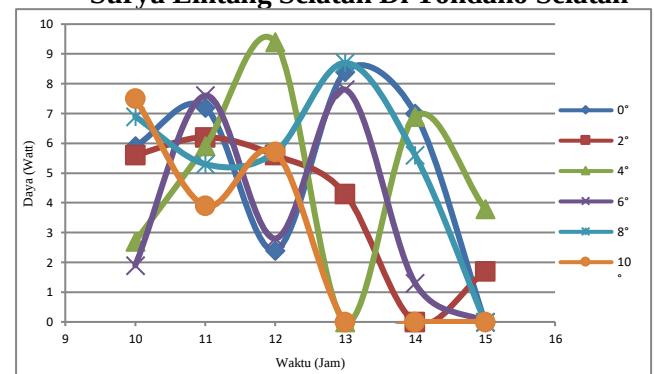
Jumlah *energy* yang dihasilkan oleh panel surya bergantung kepada *energy* matahari yang tersedia, yang pada khususnya bergantung pada arah modul surya terhadap matahari. Ketika panel surya mendapat masukan berupa intensitas cahaya matahari maka akan dapat menghasilkan arus. Besar arus yang dihasilkan oleh panel surya berbanding lurus dengan besar intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam sel surya. Besar intensitas cahaya matahari berubah sesuai dengan pergeseran posisi matahari (Sihite, 2021).

Untuk mengetahui perbandingan arus berdasarkan 6 sudut yaitu sudut kemiringan 0°, 2°, 4°,

6°, 8°, 10°, dilihat dari nilai rata-ratanya. Untuk sudut 0° 0,36 A, 2° 0,29 A, 4° 0,35 A, 6° 0,27 A, 8° 0,39 A, dan 10° 0,21 A. Nilai tertinggi di peroleh sudut 8° 0,39 A. Hal ini disebabkan karena pada sudut 8° panel surya mendapatkan berkas cahaya yang maksimal, dan nilai terendah pada 10°. Pada saat itu cuaca dalam keadaan mendung yang menghambat penyerapan panel surya.

Magrissa (2015) telah melakukan penelitian pengaruh intensitas cahaya terhadap efisiensi sel solar pada *mono-crystalline* silikon sel solar. Perubahan intensitas cahaya mempengaruhi efisiensi dari sel solar. Apabila intensitas cahaya diperbesar, maka efisiensi akan meningkat. Tetapi apabila intensitas cahaya terlalu kecil atau terlalu besar menyebabkan efisiensi menurun atau kecil. Akibat *energy* cahaya yang dihasilkan terlalu kecil adalah *energy* listrik yang dihasilkan juga kecil, dan *energy* cahaya yang terlalu besar menyebabkan *energy* dalam elektron berubah menjadi panas serta *energy* listrik menjadi konstan. Hal ini disebabkan karena elektron dalam sel solar mempunyai batas ambang untuk menyerap foton pada tingkat *energy* tertentu.

C. Hubungan Antara Waktu Dan Daya Panel Surya Lintang Selatan Di Tondano Selatan



Gambar 8. Daya Pada Berbagai Variasi Sudut Kemiringan Panel Surya Lintang Selatan di Tondano Selatan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa reaksi yang terjadi dalam panel surya untuk menghasilkan daya diakibatkan oleh radiasi matahari. Panel surya ini akan membutuhkan cahaya yang sangat terang ketika beroperasi. Ia akan mengalami pengurangan efisiensi jika berada pada cuaca yang berawan dan mendung.

Perubahan intensitas cahaya matahari berpengaruh terhadap daya keluaran panel surya yaitu semakin besar intensitas cahaya matahari yang ditimbulkan maka semakin besar pula daya keluaran yang dapat dihasilkan oleh panel surya. Dan posisi pemasangan panel surya berpengaruh terhadap daya dan intensitas cahaya matahari yang di timbulkan (Shalih & Suratno, 2019).

Untuk posisi kemiringan panel surya yang tepat akan sangat menentukan pemaksimalan penerimaan

energy matahari karena berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa kemiringan panel surya mempunyai pengaruh terhadap intensitas cahaya matahari.

Sudut kemiringan dan sudut azimuth panel surya pemasangan tetap sangat mempengaruhi total daya yang dapat dihasilkan panel surya (Yassir Y, 2019).

Daya output dari sebuah modul fotovoltaik bergantung pada besarnya radiasi surya yang diterima oleh modul. Dengan mengarahkan modul fotovoltaik pada kemiringan tertentu, radiasi surya yang diterima dapat dioptimalkan. Yang selanjutnya hal ini akan memperbesar keluaran modul fotovoltaik. Secara umum, kemiringan modul disesuaikan dengan posisi lintang lokasi penempatan.

Rangkaian panel surya harus dipasang dengan sudut kemiringan dan sudut azimuth yang tepat, yaitu arah kompas dari arah datangnya sinar matahari. Arah hadap panel surya sangat menentukan jumlah keluaran yang cukup dari pembangkit listrik. Idealnya, arah hadap panel surya harus diatur tegak lurus dengan sinar matahari untuk menerima radiasi secara langsung (Shalih & Suratno, 2019).

V. KESIMPULAN

Berdasarkan data penelitian yang dilakukan didapat hasil bahwa, semakin besar sudut kemiringan panel surya semakin besar daya *output* yang dihasilkan. Dengan nilai rata-ratanya, untuk sudut 0° 5,1 Watt, 2° 3,9 Watt, 4° 4,7 Watt, 6° 3,5 Watt, 8° 5,3 Watt, dan 10° 2,8 Watt. Untuk sudut kemiringan panel surya yang menghasilkan daya dalam jumlah yang lebih besar adalah pada sudut 8° LS dengan nilai 5,3 Watt. Sudut kemiringan panel surya berpengaruh terhadap keluaran daya berupa tegangan dan arus pada panel surya.

REFERENSI

- Arrasyid, A. H. (2017). Analisis perencanaan penerangan jalan umum dan lampu taman berbasis photovoltaik di universitas pakuan bogor. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Elektro*, 1(1).
- Assiddiq, H., & Bastomi, M. (2019). Analisis pengaruh perubahan temperatur panel terhadap daya dan efisiensi keluaran sel surya polycrystalline. *Dinamika: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 11(1), 33-39.
- Bahari, Laka, & Rosmiati. (2017). Pengaruh Perubahan Arah Sudut Sel Surya Menggunakan *Energy* Matahari Intensitas Cahaya Terhadap Tegangan. *Prosiding Semnastek*.
- Dzulfikar, D., & Broto, W. (2016, October). Optimalisasi pemanfaatan *energy* listrik tenaga surya skala rumah tangga. In *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)* (Vol. 5, pp. SNF2016-ERE).
- Engelbertus, T. (2016). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Catu Daya Tambahan Pada Hotel Kini Kota Pontianak. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2(1).
- Fitryah. (2015). Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Jakarta. Universitas Trisakti.
- Globarsolaratlas.info. Juli 2021. Laporan Global Solar Atlas di Tondano. Diakses pada 6 November 2021, dari <https://globalsolaratlas.info/detail?m=site&c=1.301211,124.910898,11&s=1.301211,124.910898>
- Gultom. (2015). Pemanfaatan *Photovoltaic* Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *J. Mudira Indure*, 1(3), 33-42
- Julisman, Sara & Siregar. (2017). Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber *Energy* Pada Sistem Otomasi Stadion Bola. *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro*, 2(1).
- Magga, R., & Arifin, Y. (2015). Desain Hybrid Panel Surya Tipe *Monocrystalline* dan Thermal Kolektor Fluida Air. *Jurnal IPTEK*, 19(2), 67-74.
- Magrissa. (2015). Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Efisiensi Sel Solar 49 pada Mono-Crystalline Silikon Sel Solar. *Jurnal Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang*.
- Napitupulu, dkk. (2017). Pengaruh Material Monokristal Dan Polikristal Terhadap Karakteristik Sel Surya 20 Wp Dengan Tracking Sistem Dua Sumbu. Medan. Laporan Penelitian. Universitas Hkbp Nomensen.
- Pandria, dkk. (2021). Penentuan Sudut Kemiringan Optimum Berdasarkan *Energy* Keluaran Panel Surya. *Jurnal Serambi Engineering*, 6(1).
- Samsurizal, Dkk. (2018). Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Arus Keluaran Pada *Photovoltaic* Dengan Menggunakan Regretion Quadratic Method. *Energy & Kelistrikan*, 10(2), 137-144.
- Shalih & Suratno. (2019). Pengaruh Arah Posisi Pemasangan Panel Surya Terhadap *Output* Daya Keluaran. *Just Ti (Jurnal Sains Terapan Teknologi Informasi)*, 11(2), 12-17.
- Siahaan, Kusuma & Adnyana. (2020). Pengaruh Sudut β dan ω pada PLTS di PT Indonesia Power. *Jurnal METTEK Volume*, 6(1), 62-69.

- Sihite. (2021). Studi Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Terhadap Intensitas Cahaya Panel Surya.
- Suryana, D. (2016). Pengaruh Temperatur/Suhu Terhadap Tegangan Yang Dihasilkan Panel Surya Jenis Monokristalin (Studi Kasus: Baristand Industri Surabaya). *Jurnal Teknologi Proses Dan Inovasi Industri*, 1(2).
- Suryana, D. (2016). Pengaruh Temperatur/Suhu Terhadap Tegangan Yang Dihasilkan Panel Surya Jenis Monokristalin (Studi Kasus: Baristand Industri Surabaya). *Jurnal Teknologi Proses Dan Inovasi Industri*, 1(2).
- Yassir, Y. (2019). Optimasi Sudut Penyimpangan Panel Surya Terhadap Garis Lintang dengan Metode Algoritma Genetika, Studi Kasus: Kampus Politeknik Negeri Lhokseumawe. In *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe* (Vol. 3, No. 1, p. 52).