



Jurnal Artikel

Pengaruh Sudut Antara Dua Panel Sel Surya Terhadap Kinerja Photovoltaics

Gusto Arif Tansah¹ dan Rifky^{1*}, Yos Nofendri¹

¹ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka

*Corresponding author – Email : rifky@uhamka.ac.id

Artikel Info -: Received: 2 Agustus 2022; Revised: 23 Sep 2022; Accepted: 25 Sep 2022

Abstrak

Background: Salah satu sumber energi pembangkit listrik alternatif adalah energi cahaya matahari dengan memanfaatkan suatu alat disebut panel photovoltaic atau solar cell yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Kinerja dan efektifitas panel solar cell dipengaruhi oleh posisi panel tersebut terhadap matahari. Untuk menghasilkan energi listrik yang optimal dari solar cell, panel solar cell harus berada tegak lurus menghadap arah datangnya cahaya matahari. Penelitian ini bertujuan meningkatkan kinerja Solar Cell sehingga mendapatkan sudut pasangan sel surya yang optimal oleh karena itu metode yang dilakukan adalah mengatur posisi sudut dua panel surya ke arah timur dan barat arah gerak matahari, agar mendapatkan radiasi yang terpantul lebih optimal dalam penyerapan. Pengaturan posisi sudut dua panel surya yaitu 70°, 140°, dan 180° memperoleh hasil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja sel surya bersudut 70° didapatkan daya luaran rata-rata sebesar 0,457 watt, kinerja sel surya bersudut 140° didapatkan daya luaran rata-rata sebesar 0,820 watt, dan kinerja sel surya bersudut 180° didapatkan daya luaran rata-rata sebesar 0,289 watt. Dari penelitian ini didapatkan sel surya bersudut 140° menghasilkan daya luaran terbesar dibanding bersudut 70° dan 180°. Untuk sel surya bersudut 70° dengan rata-rata efisiensi 0,0913%, untuk sel surya bersudut 140° dengan rata-rata efisiensi 0,055%, dan sel surya bersudut 180° dengan rata-rata efisiensi 0,054%. Sel surya dengan nilai terbaik atau tertinggi terjadi adalah sudut 70°, efisiensi memiliki daya guna, dalam sistem akan lebih lengkap menilai dari nilai efisiensi yang baik

Kata kunci: radiasi, matahari, photovoltaics, daya, kinerja

Abstract

Background: One of the alternative energy sources for electricity generation is solar energy by utilizing a device called a photovoltaic panel or solar cell that can convert sunlight energy into electrical energy. The performance and effectiveness of solar cell panels are influenced by the position of the panels against the sun. To produce optimal electrical energy from solar cells, solar cell panels must be perpendicular to the direction of the sun's rays. This study aims to improve the performance of Solar Cells so as to get the optimal solar cell pair angle, therefore the method used is to adjust the angle position of the two solar panels to the direction of the sun's motion, in order to get the reflected radiation more optimally in absorption. Setting the angle of the two solar panels, namely 70°, 140°, and 180° obtained results. The results showed that the performance of solar cells with an angle of 70° obtained an average output power of 0.457 watts, the performance of solar cells with an angle of 140° obtained an average output power of 0.820 watts, and the performance of solar cells with an angle of 180° obtained an average output power of 0.289 watts. From this study, it was found that solar cells with an angle of 140° produced the largest output power compared to those with an angle of 70° and 180°. For solar cells with an angle of 70° with an average efficiency of 0.0913%, for solar cells with an angle of 140° with an average efficiency of 0.055%, and 180° solar angle with an average efficiency of 0.054%. The solar cell with the best or highest value is an angle of 70°, efficiency has usability, the system will be more complete judging from a good efficiency value

Keywords: radiation, sun, photovoltaics, power, performance

PENDAHULUAN.

Energi yang digunakan untuk menyediakan listrik berasal dari bahan bakar konvensional atau bahan bakar fosil yang sangat mengandalkan energi konvensional akan memiliki beban yang berat. Ini karena jenis energi ini telah mengalami depresiasi, yang menyebabkan kenaikan harga.

Menyadari hal tersebut, maka perlu dicari sumber energi alternatif dan diberdayakan supaya tidak terjadi kehabisan dalam ketersediaannya (Tira, Abdul, & Iqbal, 2018).

potensi energi terbarukan, berkurangnya jumlah produksi energi fosil, terutama minyak dan Mengurangi emisi gas rumah kaca dan mendorong terus meningkatkan

peran energi baru dan energi terbarukan ikut serta dalam menjaga ketahanan dan kemandirian energi. Tujuan portofolio energi baru dan energi terbarukan Setidaknya 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050. Indonesia Memiliki potensi energi terbarukan yang cukup Tujuan dari struktur energi primer,

Memanfaatkan cahaya matahari dapat digunakan sebagai energi. Indonesia berada posisi digaris khatulistiwa yang mendapatkan limpahan panas dari cahaya matahari. Penggunaan energi panas matahari ini dikenal sebagai energi baru dan terbarukan. Salah satunya yaitu energi panas yang dapat diubah menjadi energi listrik menggunakan sistem sel surya atau *photovoltaic* (Rifky & Gaos, 2019).

Panel surya adalah teknologi *photovoltaic*, dalam penggunaan perangkat semikonduktor untuk mengubah sinar matahari langsung menjadi listrik. Harga sel surya relatif mahal karena sangat diharuskan menggunakan teknologi yang kompleks dan sulit untuk mengolah pasir silika menjadi silikon. Saat ini penggunaan sel surya yang sedang dikembangkan belum ideal, dan intensitas radiasi yang kurang terkonsentrasi pada panel surya [1].

Bahwasanya sel surya juga memiliki kekurangan, yakni intensitas cahaya yang diterima harus tegak lurus. Sementara cahaya matahari bergerak dan sel surya tetap. Untuk mendapatkan pencahayaan semaksimal mungkin, dilakukan memasang pasangan sel surya yang membuat sudut antar dua panel sel surya terhadap kinerja *photovoltaic* agar sudut pantulnya masih dapat digunakan sel surya satu sama lainnya.

Berdasarkan pemahaman di atas, maka penelitian ini membahas pengaruh sudut antartara dua panel terhadap kinerja *photovoltaic* dengan metode pengukuran dengan berdasarkan pengaturan objek sudut 70°, 140°, dan 180° panel sel surya untuk mengetahui hasil terbaik daya luaran dan efisiensi yang didapat

1. LANDASAN TEORI

2.1 Energi surya

Energi surya yaitu energi yang bersifat panas dan cahaya dari matahari dan ini adalah salah satu sumber energi terbarukan yang terpenting. Indonesia memiliki iklim tropis dengan rata-rata sinar matahari 12 jam per hari memiliki potensi Energi matahari sangat melimpah dalam artian RUEN (Rencana Umum Energi Nasional). Indonesia diprediksi mempunyai energi surya bernilai 207.898 MW (4,80 kWh/m²/hari), atau berbanding dengan 112.000 GWp [2].

Matahari sebagai sumber energi surya menghasilkan 1.02×10^6 joule per detik. Energi yang diperoleh dengan mengubah energi gelombang yang diterima oleh sinar matahari menjadi energi lain yang dapat digunakan dan dibutuhkan 8,3 menit bagi sinar matahari untuk mencapai bumi dari permukaan matahari. Foton dimulai dari pusat matahari dan berubah arah setiap kali bertemu dengan unsur butir bermuatan memakan waktu sekitar 10.000 tahun dan 170.000 tahun untuk mencapai ke permukaan bumi [3].

membuktikan bahwa energi matahari yang masuk ke bumi senilai 100%, hanya 70% energi matahari yang sampai ke bumi yang langsung dihamburkan karena pemantulan atau refleksi. Atmosfer atau awan membantu memantulkan ke luar angkasa dimana 51% di antaranya menyerap ke tanah dan lautan. Lapisan ozon menyerap sinar matahari sejauh 20-40 kilometer oleh udara, uap air dan sisanya diserap oleh lapisan debu. Penyerapan lainnya digunakan dalam proses fotosintesis. Semua energi yang mencapai permukaan bumi, yang sebagian besar adalah radiasi ultraviolet dengan panjang gelombang lebih pendek, kemudian diserap oleh atmosfer seperti yang dijelaskan sebelumnya. Jika mempertimbangkan seluruh Pbumi yang masuk $1370 \frac{W}{m^2}$, maka 77% energi yang diterima bumi memiliki tingkat radiasi global $1054 \frac{W}{m^2}$



Gambar 1 Jarak penyerapan radiasi matahari ke permukaan bumi
Sumber: [3]

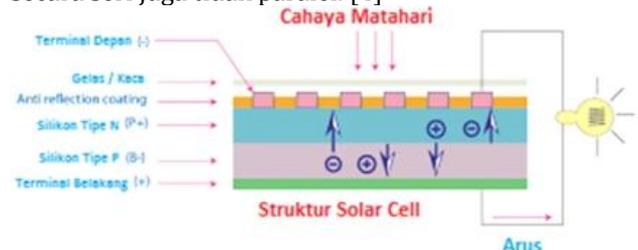
2.2 Pemanfaatan Energi Surya

Penggunaan energi matahari dapat diterapkan dalam dua teknologi,

1. Teknologi tenaga surya termal, biasanya digunakan untuk memasak (kompor surya), pertanian kering (perkebunan, perikanan, kehutanan, tanaman pangan) dan memanaskan air teknologi.
2. Teknologi radiasi matahari, yang berarti *photovoltaic* atau mengubah energi cahaya menjadi energi listrik.

2.3 Sistem Photovoltaic

Photovoltaic berasal dari kata *photo* dan *volta*. *Photo* berarti cahaya (dari bahasa Yunani *photos*: cahaya) dan *volta* berasal dari fisikaawan Italia *Alessandro Volta* yang hidup antara tahun 1745 – 1827). *Photovoltaic* atau Panel surya adalah perangkat modul yang digunakan untuk mengubah energi matahari menjadi listrik. *Photovoltaic* cocok untuk mengubah radiasi matahari menjadi listrik PV, biasanya dikemas dalam unit yang disebut modul. Sebuah modul surya terdiri dari banyak sel surya yang dapat disusun secara seri juga tidak paralel. [4]



Gambar 2 Sistem Solar Cell

Sumber:[13]

Sistem *photovoltaic* berlaku sesuai dengan prinsip efek fotovoltaiik, Efek fotovoltaiik merupakan fenomena dimana sel fotovoltaiik dapat menyerap energi matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik. Efek *photovoltaic* menjelaskan seperti halnya fenomena munculnya tegangan ketika dua elektroda saling terhubung ke sistem padatan atau cairan ketika dua elektroda terkena energi cahaya. Sistem *photovotaic* terdiri dari beberapa panel surya dibagi menjadi tiga kategori [5]

Konversi panel surya dari energi surya mengubah satu langkah yang menghasilkan energi listrik menjadi energi cahaya. Penjelasannya mengandalkan ide dari teori kuantum. Cahaya matahari terdiri dari energi satuan yang disebut foton, energi bergantung hanya pada frekuensi atau warna dari cahaya. Energi foton terlihat cukup baik untuk membangkitkan elektron terikat menjadi padat, hingga tingkat energi yang lebih tinggi, di mana mereka lebih bebas bergerak [3].

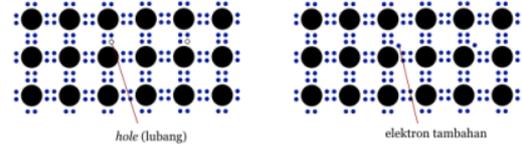
1.4 Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja *photovoltaic*

Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja sistem *Solar Cell* yaitu [6]:

1. Suhu udara lingkungan sekitar atau *ambient air temperature*
Solar cell atau sel surya dapat beroperasi secara maksimal jika temperatur yang masuk tetap normal pada temperatur 25°C, eskalasi temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada panel surya akan menurunkan tegangan (*Voc*) yang dihasilkan. Setiap kenaikan temperatur 1°C dari 25°C akan mengakibatkan berkurangnya senilai 0,5 % pada keseluruhan tenaga (daya) yang dihasilkan.
2. Kecepatan angin
 Kecepatan angin disekitar lokasi *solar cell* sangat membantu untuk mendinginkan suhu permukaan *solar cell*,
3. Intensitas cahaya matahari
 Intensitas cahaya adalah ukuran jumlah sinar matahari yang jatuh pada penampang sel surya. karena *output* yang dihasilkan oleh *solar cell* akan sangat bergantung pada perubahan intensitas cahaya itu sendiri. Hal lain dengan keadaan spektrum matahari ke bumi. *Insolation* matahari akan banyak berpengaruh terhadap *current (I)* yang sedikit terhadap tegangan.
4. Keadaan atmosfer bumi
 Keadaan atmosfer berawan, mendung, jenis unsur butir debu udara, asap, uap air udara, kabut dan polusi sangat menghasruskan hasil maksimum arus listrik dari deretan sel surya.
5. Orientasi sel surya
 Penyesuaian dari rangkaian sel surya ke arah matahari secara optimal sangat penting karena surya panel dapat menghasilkan energi yang maksimal. Selain arah orientasi,
6. Tata letak panel terhadap matahari (*tilt angle*)

Sinar matahari menyebar ke permukaan sel surya secara tegak lurus akan mendapatkan energi maksimal $\pm 1000 \text{ w/m}^2$. pada *Equator*) yang diletakkan mendatar (*tilt angle* = 0) akan menghasilkan energi yang maksimal.

1.5 Semikonduktor Tipe P dan Tipe N.



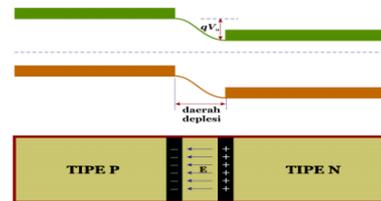
Gambar 3 Semikonduktor tipe-p (kanan), semikonduktor tipe-n (kiri)

Sumber: [7]

Gambar 2.5 merupakan unsur kristal yang memiliki lubang atom dan eletron bebas pada bahan semikonduktor tipe-p dan tipe-n

Arsenik adalah unsur golongan kelima, sehingga atom arsenik menyimpan tempat antara atom silikon, menghasilkan elektron bebas dalam bahan campuran. Elektron bebas bermula dari elektron yang berlebihan dimiliki arsenik di lingkungan sekitarnya (dalam hal ini, bahan silikon). Semikonduktor jenis ini dinamakan semikonduktor tipe-n. ditambahkan oleh unsur golongan ketiga adalah boron, maka kurangnya elektron valensi boron dibandingkan dengan silikon mengakibatkan munculnya lubang muatan positif pada semikonduktor tersebut. Semikonduktor ini dinamakan semikonduktor tipe-p [7].

1.6 Sambungan tipe P-N



Gambar 4 Diagram energi sambungan
 Sumber : [8]

Saat menghubungkan semikonduktor tipe-p dan tipe-n maka akan terjadi penyebaran lubang tipe-p ke tipe-n. dan penyebaran *electron* tipe-n menuju tipe-p. penyebaran tersebut akan meninggalkan area yang lebih positif pada batas tipe-n dan area lebih *negative* pada batas tipe-p. Perbedaan muatan pada sambungan p-n disebut zona penipisan, yang menghasilkan medan listrik dapat mencegah difusi

lebih lanjut. Medan listrik menyebabkan munculnya arus *drift*. Arus hanyut adalah menghasilkan arus karena munculnya medan listrik. Namun arus ini harus diseimbangkan dengan arus difusi, sehingga tidak ada arus yang mengalir pada semikonduktor p-n junction secara keseluruhan [8].

Seperti yang diketahui, elektron adalah unsur butir bermuatan yang mempengaruhi oleh medan listrik. Adanya

medan listrik pada elektron menyebabkan elektron bergerak. Hal ini dilakukan pada sel surya yang terhubung dengan p-n, yaitu dengan membangkitkan medan listrik pada sambungan p-n, sehingga elektron dapat mengalir karena adanya medan listrik tersebut [8].

1.7 Jenis Jenis Photovoltaics dan Perkembangan Teknologi Sistem Photovoltaic

Jenis-jenis sel surya atau photovoltaic dibagi beberapa jenis berdasarkan teknologi yang dikembangkan:

1. Generasi pertama

Tipe crystalline ini terbagi menjadi dua jenis surya panel [9].

a. Monocrystalline

Sel photovoltaic atau batang silikon monokristalin jenis ini memiliki efisiensi yang terbilang tinggi, senilai 16% sampai 17%.

b. Polycrystalline

Efisiensi konversi sel surya jenis ini sebenarnya lebih kecil apabila di bandingkan jenis monocrystalline yaitu berkisar senilai 12% hingga 15% saja.

c. Amorphous

Menggunakan teknologi produksi yang disebut "susun", menumpuk beberapa lapisan silikon amorf untuk membentuk sel surya, akan memberikan efisiensi yang lebih baik antara 6% - 8%. Gambar di bawah ini adalah sel surya amorf

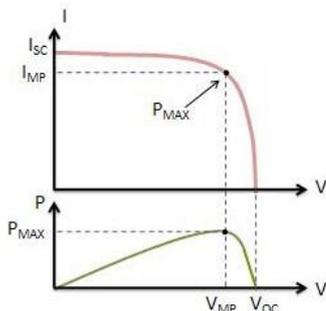
d. Cadmim Telluride (CdTe)

Panel surya ini memiliki efisiensi yang tinggi di antara material tersebut yaitu senilai 9-11% dan yang paling efisien sejenis tingkat material lainnya..

e. Perovskite Solar Cell

Material perovskite berlaku sama halnya elektrolit untuk menyerapan cahaya matahari dan Electron Transport Material (ETM) bertindak sebagai semikonduktor tipe-n akan memuat elektron, efisiensi yang didapat dari Perovskite Solar Cell ini senilai 20.2%.

1.8 Karakteristik Pholtovoltaic



Gambar 5 Karakteristik Sel surya Sumber: suryautamaputra.co.id

Umumnya, ketebalan sel surya adalah 0,3 mm, yang ditentukan dengan Irisan material semikonduktor dengan kutub (+) dan kutub (-). Apabila suatu cahaya turun pada permukaannya, lalu terjadi perbedaan tegangan antara kedua kutub tersebut Tentu bisa menyalakan lampu dan

menggerakkan motor listrik yang bertenaga Untuk mendapatkan lebih banyak daya dari arus searah, Anda dapat menghubungkan sel surya Itu tergantung pada sifat penggunaan, apakah itu secara seri maupun paralel. Sel surya menghasilkan arus listrik yang sesuai Tegangan sel surya. Karakteristik tegangan-arus biasanya menunjukkan suatu hubungan Ketika tegangan sel surya sama dengan nol atau dijelaskan sebagai baterai Solar short circuit, short circuit current atau ISC (arus hubung singkat), Ini dapat mengukur cahaya secara proporsional dengan radiasi sel surya. [10] Pengaruh sudut datang matahari terhadap daya keluaran

Nilai radiasi yang dihasilkan panel surya dipengaruhi oleh sudut datang (angle of incidence) yaitu sudut antara arah sinar datang dengan elemen tegak lurus bidang panel. Saat matahari tegak lurus dengan bidang panel maka panel akan mendapatkan radiasi matahari yang maksimal. Ketika arah matahari tidak tegak lurus dengan bidang panel atau pada sudut tertentu, panel akan menerima radiasi yang lebih sedikit [11]

1.9 perhitungan daya masukan dan daya luaran

Daya maksimum sebagai pengalau tenaga menyalurkan energi listrik pada sirkuit listrik. Daya listrik sesaat dihitung menggunakan watt. persamaan daya luaran tanpa beban dinyatakan sebagai berikut [11].

$$P = V_{oc} \cdot I_{sc} \quad (1)$$

P = Daya maksimal dengan tanpa beban (watt)
 Voc = Tegangan rangkaian terbuka (volt)
 Isc = Arus Hubungan singkat (Ampere)

Persamaan daya luaran dengan beban dinyatakan sebagai berikut:

$$P = V \cdot I \quad (2)$$

P = Daya maksimal dengan beban lampu (watt)
 V = Tegangan yang dihasilkan (volt)
 I = Arus yang dihasilkan (Ampere)

Untuk menentukan nilai rata-rata daya digunakan persamaan:

$$P_{rata-rata} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{P_n} \quad (3)$$

Prata-rata = daya rata-rata (watt)
 P1 = Daya pada titik pengujian ke Satu
 P2 = Daya pada titik pengujian ke Satu
 Pn = Daya pada titik pengujian ke n

Intensitas cahaya menentukan besarnya arus dan tegangan sel surya, dihitung menggunakan persamaan:

$$P_{in} = J \cdot A \quad (4)$$

Pin = Daya masukan (watt)
 J = Intensitas Cahaya (W/m²)
 A = Luas permukaan (m)

Besar daya luaran sel surya (P_{out}) dapat menggunakan persamaan:

$$P_{out} = V \cdot I \quad (5)$$

P_{out} = Daya luaran (watt)
 V = Tegangan luaran (volt)
 I = Arus Tegangan (Ampere)

1.10 perhitungan Efisiensi

Efisiensi sel surya (η) adalah perbandingan daya luaran dengan daya intensitas matahari dapat dihitung dengan persamaan:[11]

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (6)$$

η = Efisiensi (%)
 P_{out} = Daya luaran (Watt)
 P_{in} = Daya masukan (watt)

Untuk menentukan nilai rata-rata efisiensi digunakan persamaan:

$$\eta \text{ rata-rata} = \frac{P_{out \text{ total}}}{P_{in \text{ Total}}} \times 100\% \quad (7)$$

η = Efisiensi rata-rata (%)
 $P_{out \text{ Total}}$ = Daya luaran total keseluruhan (watt)

2. METODOLOGI PENELITIAN

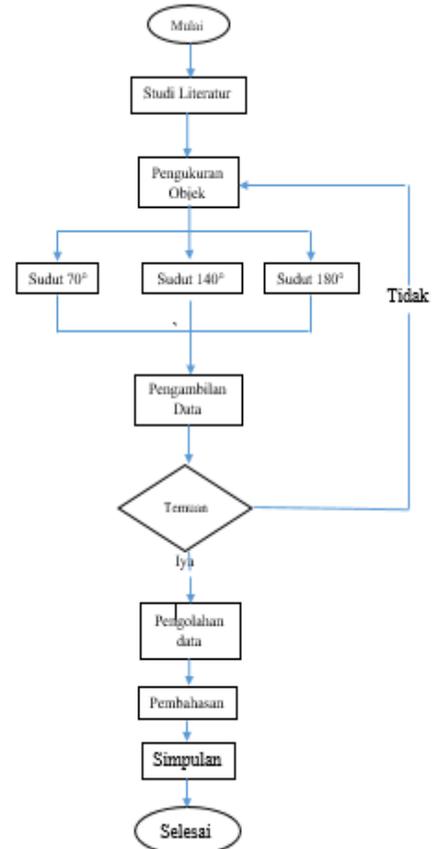
3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian pengaruh sudut antara dua panel terhadap kinerja *photovoltaics* dilaksanakan:
 Tempat pelaksanaan: Jl. Nusa Indsh 4 Blok C4 no.4 Harapan Baru Regency, Kota Baru, Bekasi Barat.
 Waktu pelaksanaan: Januari 2021 s/d Juli 2021.

3.2 Alat dan bahan

1. Panel surya
2. Dual Volt Ampere meter digital
3. Thermometer digital
4. LUX Meter
5. Anemometer.
6. Hygro-thermometer digital
7. Baterai solar panel

3.3 Diagram alir penelitian



Gambar 1 Diagram Alir penelitian

3.4 Teknik Pengelolaan Data

Teknik pengolahan data yang dilakukan adalah dengan melakukan perhitungan menggunakan persamaan yang hasilnya dimasukkan dalam bentuk tabel. Untuk menggambarkan hubungan antar variabel digunakan grafik yang dapat memberikan informasi temuan penelitian lebih teliti. Menurut penelitian yang dilakukan, grafik yang disajikan adalah:

1. Grafik daya masukan (Pin)
2. Grafik daya luaran (Pout)
3. Grafik efisiensi

4. Hasil atau Temuan Penelitian

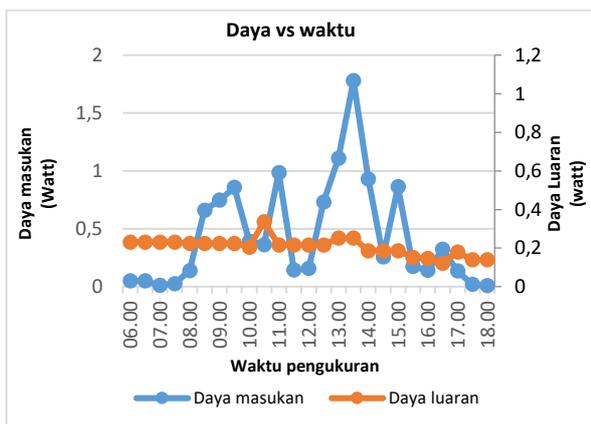
Hasil dari sudut antara dua panel 70°, 140°, dan 180°, distribusi daya luaran, dan efisiensi sel surya, mendapatkan sudut pasangan sel surya yang optimal, sehingga menghasilkan kinerja efisiensi sel surya yang maksimal dan berikut adalah hasil dari data-data penelitian.

3.1 Pengaruh sudut 70° terhadap kinerja sel surya.

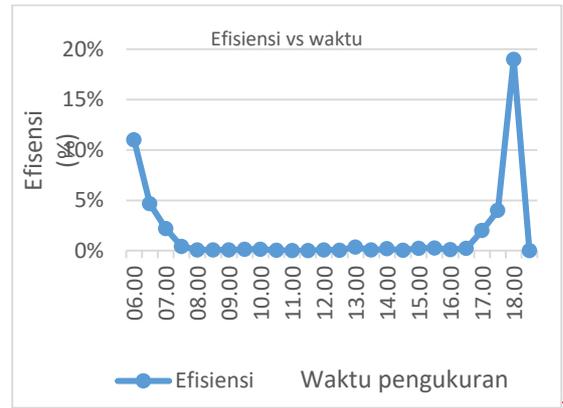
Table 1 Dua sel surya membentuk sudut 70°

No.	Pukul	T ₁ [°C]	T _{sc} [°C]	I _v [W/m ²]	v[m/s]	kelembaban Udara	V (volt)	I (ampere)	Pin (watt)	Pout (watt)	η (%)
1	06.00	26	25,3	313	0	89%	3,5	0,11	5,258	0,385	2,02
2	06.30	26	25,5	780	0	89%	3,5	0,11	13,104	0,385	0,029
3	07.00	26	25,7	1645	0	89%	3,5	0,11	27,636	0,385	0,013
4	07.30	27	25,9	8311	0	89%	3,5	0,11	139,624	0,385	0,275
5	08.00	28	26,1	39400	0	85%	3,4	0,11	661,92	0,374	0,056
6	08.30	28	27,7	44530	0	80%	3,4	0,11	748,104	0,374	0,049
7	09.00	29	28,3	51110	3	75%	3,4	0,11	858,648	0,374	0,068
8	09.30	29	28,9	23400	2,9	77%	3,4	0,11	393,12	0,374	0,095
9	10.00	30	33,4	21650	3,1	69%	3,1	0,11	363,72	0,341	0,093
10	10.30	31	36,1	58720	3	65%	3	0,12	986,496	0,562	0,056
11	11.00	32	37,7	8537	2,8	64%	3,4	0,12	144,009	0,36	0,447
12	11.30	32	36,5	9449	2,8	64%	3,4	0,12	158,743	0,36	0,406
13	12.00	32	37,4	43600	3	65%	3,4	0,12	732,48	0,36	0,088
14	12.30	32	38,3	66040	2,9	65%	3,4	0,12	1109,47	0,36	0,058
15	13.00	32	36,3	10620	3,1	65%	3,5	0,12	178,416	0,42	0,373
16	13.30	32	36,9	55420	3,3	65%	3,5	0,12	931,896	0,42	0,071
17	14.00	33	35,2	15380	3,1	65%	3,1	0,1	258,384	0,31	0,11
18	14.30	32	32,2	51480	3,4	63%	3,1	0,1	864,864	0,31	0,035
19	15.00	33	33,4	10480	3,2	65%	3,1	0,09	176,064	0,31	0,17
20	15.30	32	30,5	8394	3,2	68%	2,8	0,09	141,019	0,252	0,17
21	16.00	31	30,6	19360	3,5	70%	2,7	0,09	325,248	0,243	0,074
22	16.30	31	30,9	8143	2,9	72%	2,9	0,07	136,802	0,203	0,23
23	17.00	31	28,8	1138	2,8	74%	3	0,1	19,118	0,3	0,148
24	17.30	31	28,6	518	0	74%	2,9	0,08	8,702	0,232	2,666
25	18.00	30	27,7	110	0	74%	2,9	0,08	1,848	0,232	12,55
rata-rata										0,3428	0,0913%

Dari tabel 1 Menunjukkan distribusi sel surya sudut 70° dan dikonversi menjadi grafik distribusi pengukuran daya masukan dan daya luaran pada sel surya,



Gambar 2 grafik waktu pengukuran vs Daya



Gambar 3 grafik waktu pengukuran vs Efisiensi

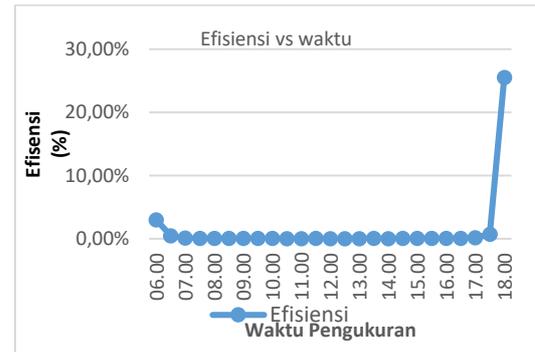
menunjukkan koordinat Y vertikal posisi kiri merupakan untuk menunjukkan titik poin daya masukan, posisi kanan angka lebih besar merupakan titik poin daya luaran. Kemudian kurva berwarna biru merupakan daya masukan, kurva berwarna oranye adalah daya luaran.

Pada kinerja sel surya sudut 70° bahwa hasil tegangan sel surya dipengaruhi temperatur hal ini dapat dilihat pada tabel 4.4 pada pukul 07.30 WIB, 08.00 WIB hingga 10.00 WIB. Penurun tegangan dipengaruhi oleh meningkatnya temperatur permukaan panel surya. Nilai efisiensi tertinggi pada pukul 06.00 WIB dan pukul 18.00 WIB dengan nilai 11,62% hingga 19,144% karena Nilai efisiensi dipengaruhi temperatur dan intensitas matahari. Daya keluaran dengan nilai terendah adalah 0,315 watt karena faktor tegangan dengan arus panel surya. Kenaikan efisiensi di sore hari pada pukul 18.00 WIB dengan nilai 12,55% dikarenakan nilai daya masukan menurun dengan nilai 0,008 watt sedangkan daya luaran yang tetap seimbang sehingga menghasilkan kenaikan efisiensi yang sangat tinggi. Sementara untuk nilai daya masukan yang fluktuatif karena pengaruh dari intensitas matahari dan luas permukaan panel surya. Intensitas matahari dipengaruhi oleh cuaca seperti awan mendung. ketika intensitasnya rendah maka nilai daya masukan yang dihasilkan juga ikut rendah dan ketika intensitasnya naik, nilai daya masukan yang dihasilkan akan naik juga.

4.2 Pengaruh sudut 140° terhadap kinerja sel surya

Table 2 Dua sel surya membentuk sudut 140°

No.	Pukul	T ₁ [°C]	T _{sc} [°C]	I _v [W/m ²]	v _f [m/s]	kelembaban udara	V (volt)	I (ampere)	Pin (watt)	Pout (watt)	η (%)
1	06.00	24	24,5	730	0	94%	3,7	0,1	12,264	0,37	3,017%
2	06.30	25	25,4	4531	0	93%	3,7	0,1	76,1208	0,37	0,486%
3	07.00	26	25	21440	0	84%	3,7	0,11	360,192	0,407	0,113%
4	07.30	27	26,3	45530	0	83%	3,7	0,11	764,904	0,407	0,053%
5	08.00	27	27,7	49810	0	83%	3,7	0,12	836,808	0,444	0,053%
6	08.30	27	27	58720	0	80%	3,7	0,17	986,496	0,629	0,064%
7	09.00	29	28,1	69360	3,3	79%	3,7	0,17	1165,248	0,629	0,054%
8	09.30	29	29,5	74220	2,8	74%	3,9	0,16	1246,896	0,624	0,050%
9	10.00	30	34,9	79800	3,1	70%	3,9	0,16	1340,64	0,624	0,047%
10	10.30	31	36,6	80030	3,5	65%	3,9	0,1	1344,504	0,39	0,029%
11	11.00	31	39,9	93810	3,4	63%	3,9	0,1	1576,008	0,39	0,025%
12	11.30	32	44,5	101900	2,8	61%	3,9	0,2	1711,92	0,78	0,046%
13	12.00	32	43,2	112000	3,3	60%	3,8	0,21	1881,6	0,798	0,042%
14	12.30	33	44,8	124100	3,3	55%	3,9	0,21	2084,88	0,819	0,039%
15	13.00	33	46,7	105700	3,1	53%	3,8	0,2	1775,76	0,76	0,043%
16	13.30	33	49	90120	3	52%	3,9	0,18	1514,016	0,702	0,046%
17	14.00	32	48,2	98140	2,9	54%	3,8	0,1	1648,752	0,38	0,023%
18	14.30	32	39,3	81770	2,9	58%	4	0,17	1373,736	0,68	0,050%
19	15.00	32	37,5	76530	3,3	59%	4	0,17	1285,704	0,68	0,053%
20	15.30	31	36,4	68100	3,4	58%	3,8	0,16	1144,08	0,608	0,053%
21	16.00	31	37,5	61300	3,3	60%	3,8	0,16	1029,84	0,608	0,059%
22	16.30	31	30,2	57770	2,8	63%	3,8	0,16	970,536	0,608	0,063%
23	17.00	30	35,5	20710	0	64%	3,9	0,16	347,928	0,624	0,179%
24	17.30	29	30,9	5428	0	65%	3,9	0,17	91,1904	0,663	0,727%
25	18.00	29	28,3	173	0	65%	3,9	0,19	2,9064	0,741	25,495%
rata-rata										0,5894	0,055%

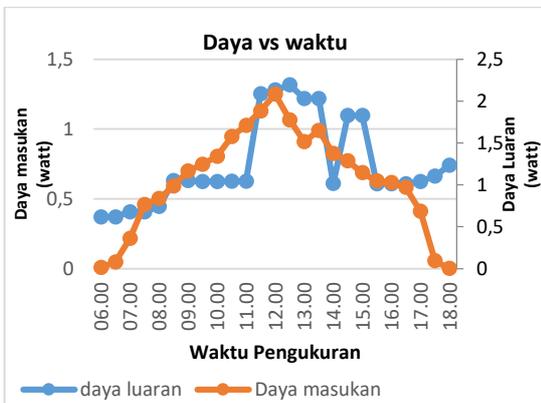


Gambar 5 grafik waktu pengukuran vs efisiensi

Dari tabel diatas menunjukkan kinerja sel surya sudut 140° dan dikonversi menjadi grafik sel surya berdasarkan tabel daya masukan, daya luaran, dan efisiensi terhadap intensitas cahaya terhadap modul sel surya.

Pada kinerja sel surya sudut 140° bahwa intensitas matahari mempengaruhi besar daya, gambar menunjukkan 4.2 pukul 06.00 WIB sampai dengan 12.00 WIB nilai grafik menaik kemudian pukul 13.00 WIB hingga 18.00 WIB nilai grafik menurun artinya bilamana intensitas rendah maka daya masukan yang dihasilkan juga ikut rendah, sedangkan intensitas tinggi maka daya masukan yang dihasilkan akan ikut tinggi. Nilai Grafik menunjukkan Efisiensi tertinggi pada pukul 18.00 WIB dengan nilai sebesar 40,94%. Namun perlu dipahami efisiensi pada grafik memiliki nilai yang kecil artinya, kinerja sel surya kurang baik karena adanya daya luaran yang nilainya cukup kecil. Pada nilai grafik jugs terlihat Penyinaran radiasi matahari yang membentuk kurva berpuncak menaik kemudian menurun. ini mempengaruhi pada daya luaran sel surya. [12].

4.3 Pengaruh sudut 180° terhadap kinerja sel surya
Table 3 Dua sel surya membentuk sudut 180°

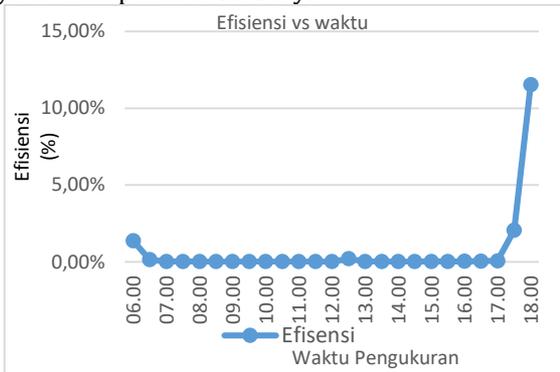


Gambar4 grafik waktu pengukuran vs Daya masuk

No.	Pukul	T ₁ [°C]	T _{sc} [°C]	I _v [W/m ²]	v _f [m/s]	kelembaban udara	V (volt)	I (ampere)	Pin (watt)	Pout (watt)	η (%)
1	06.00	25	25,5	860	0	92%	3,8	0,11	14,448	0,199	1,378
2	06.30	26	26,3	7612	0	84%	3,9	0,1	127,882	0,188	0,141
3	07.00	27	27,4	35440	0	80%	3,9	0,1	595,392	0,188	0,031
4	07.30	28	30,1	49990	0	73%	3,9	0,1	839,832	0,188	0,022
5	08.00	28	36,4	55030	0	70%	3,9	0,11	924,504	0,188	0,02
6	08.30	29	39,9	63440	0	69%	3,9	0,11	1065,79	0,188	0,017
7	09.00	30	47,7	71200	2,9	60%	3,9	0,11	1196,16	0,207	0,017
8	09.30	33	47,5	72630	3,9	63%	3,9	0,11	1220,18	0,207	0,016
9	10.00	31	44,5	73870	4	60%	3,9	0,12	1241,02	0,22	0,017
10	10.30	32	47,2	79300	3,5	59%	3,9	0,1	1332,24	0,188	0,014
11	11.00	32	44,5	85420	4,2	58%	3,9	0,1	1435,06	0,188	0,013
12	11.30	33	47,2	107100	3,5	56%	3,9	0,2	1799,28	0,376	0,02
13	12.00	33	46,5	110500	4	52%	3,9	0,21	1836,4	0,395	0,021
14	12.30	34	45,6	109500	3,3	53%	3,9	0,2	1839,6	0,376	0,2
15	13.00	33	45,5	92790	3,8	54%	3,9	0,21	1558,87	0,395	0,025
16	13.30	34	50,4	97130	3,2	55%	3,9	0,1	1632,12	0,188	0,011
17	14.00	34	49,7	98280	2,9	52%	3,9	0,13	1651,1	0,244	0,014
18	14.30	34	49,4	99210	3,2	53%	3,9	0,13	1666,73	0,244	0,014
19	15.00	33	47,4	74480	3,3	54%	3,9	0,16	1251,26	0,301	0,024
20	15.30	33	45,6	61930	3,1	56%	3,9	0,17	1040,42	0,32	0,03
21	16.00	32	41,9	58610	2,9	62%	3,9	0,18	904,648	0,339	0,034
22	16.30	32	35,5	49780	2,9	64%	3,9	0,2	836,304	0,376	0,048
23	17.00	32	34,3	35770	2,8	65%	3,9	0,21	600,936	0,395	0,065
24	17.30	30	33,3	1032	3,6	65%	3,8	0,19	17,3376	0,357	2,06
25	18.00	30	29,4	193	2,8	66%	3,8	0,21	3,2424	0,395	11,53
rata-rata										0,57208	0,054%

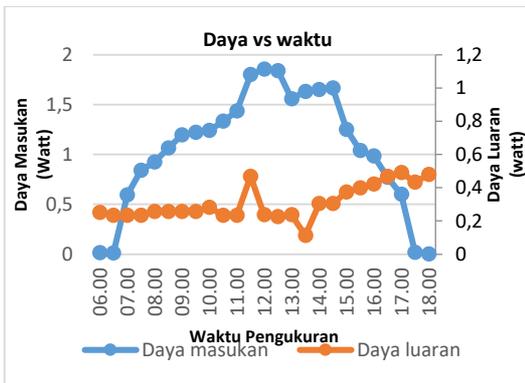
Pada grafik menunjukkan koordinat Y posisi kiri merupakan untuk menunjukan titik poin daya masukan dan koordinat Y posisi kanan angka lebih besar merupakan titik poin daya luaran. Kemudian kurva berwarna biru merupakan daya luaran, kurva berwarna orange merupakan daya masukan. Sedangkan Koordinat X horizontal merupakan waktu pengukuran dimana pengukuran dilakukan setengah jam sekali selama dari jam 06.00 hingga 18.00.

Dari tabel diatas menunjukan kinerja sel surya sudut 70° dan dikonversi menjadi grafik sel surya berdasarkan tabel daya masukan, daya luaran, dan efisiensi terhadap inetnsitas cahaya terhadap modul sel surya.



Gambar 6 grafik waktu pengukuran vs Efisiensi

Grafik menunjukkan koordinat Y posisi kiri merupakan untuk menunjukan titik poin daya masukan, Sedangkan koordinat Y posisi kanan angka lebih besar merupakan Titik poin daya luaran. Kemudian kurva berwarna biru merupakan daya masukan dan kurva berwarna orange merupakan daya luaran. Sedangkan Koordinat X horizontal merupakan waktu pengukuran dimana pengukuran dilakukan setengah jam sekali selama dari jam 06.00 hingga 18.00

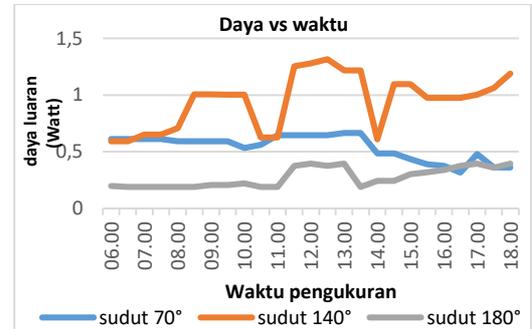


Gambar 7 grafik waktu pengukuran vs Daya masukan dan daya luaran

Dari hasil kinerja panel surya pada sudut 180° dapat dilihat grafiknya bahwa—nilai efisiensi tertinggi adalah 11,52% pada waktu pukul 18.00 WIB dengan efisiensi rata-rata 0,631%. Daya luaran sel surya sudut 180° tertinggi 0,395 watt dengan durasi yang cukup sebanyak 5 kali yang terjadi pada pukul 12.00 WIB, 13.00 WIB, 16.00 WIB, 17.00 WIB dan 18.00 WIB. Peningkatan daya luaran yang maksimal dan mengalami peningkatan efisiensi tertinggi pada pukul 18.00 WIB. Hal ini juga ditunjukkan dalam grafis hubungan antara radiasi matahari, daya keluaran dan efisiensi. Dari tabel diperlihatkan bahwa intensitas matahari yang diterima cenderung naik yang seharusnya tegangan dan arus sel surya juga semakin meningkat. Ada beberapa faktor penyebabnya yaitu, alat ukur yang kurang presisi dan akurasi dan perubahan iradiasi matahari selama

beberapa detik pada saat pengamatan sehingga nilai tegangan dan arus yang dihasilkan juga berubah. [12].

4.4 Pengaruh Sudut antara Dua Panel terhadap Daya luaran dan Efisiensi.



Grafik 8 gambar pengaruh sudut antara dua panel terhadap daya luaran:

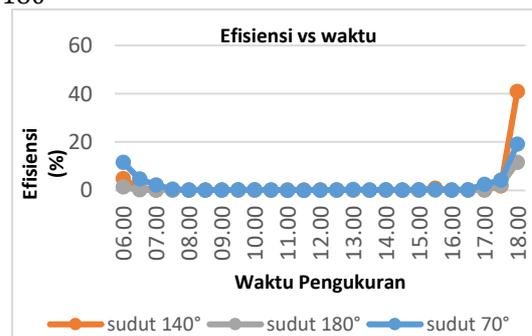
Hasil pengukuran terhadap daya luaran menunjukan bahwa pada kinerja sel surya 70° didapatkan rata-rata 0,3428 watt, kinerja sel surya 140° didapatkan rata-rata 0,5894 watt, dan kinerja sel surya 180° didapatkan rata-rata 0,57208 watt

grafik pada masing-masing sudut yang berbeda menghasilkan daya luaran dengan nilai maksimum yang berbeda. Setiap peningkatan intensitas matahari akan dihasilkan tegangan yang meningkat pula. Demikian juga daya akan meningkat hingga mencapai titik atas. Kemudian daya akan berkurang seiring dengan peningkatan tegangan,Intensitas daya maksimum nilai yang terbaik pada kinerja panel surya terjadi pada sudut 140°.

Pada saat pengukuran daya luaran dengan beban lampu pengukuran arus (I) dengan tegangan (V) dilakukan. Temperatur permukaan panel akibat pancaran termal sinar matahari dan *shading* atau bayangan yang menghalangi sinar matahari menyebar ke permukaan sel surya, berkontribusi juga dalam mempengaruhi kinerja panel surya.

Hasil pengukuran terhadap intensitas cahaya matahari menunjukan bahwa pada distribusi sel surya 70° mendapatkan efisiensi yang kecil dan mendapat peningkatan nilai pada pukul 18.00 WIB dengan nilai tertinggi 0,0913%

didapatkan rata-rata efisiensi 0,0913%, kinerja sel surya 140° didapatkan rata-rata efisiensi 0,055%, dan kinerja sel surya 180°



Gambar 2 grafik waktu pengukuran vs Efisiensi

didapatkan rata-rata efisiensi 0,054%. dapat disimpulkan bahwa nilai efisiensi dipengaruhi oleh sudut orientasi panel surya serta posisi arah gerak matahari dan besar intensitas yang diterima, penyebab daya output kecil karena tersebut karena pengaruh tegangan dan arus yang dihasilkan modul surya yang kecil. Kenaikan nilai efisiensi dikarenakan nilai daya masukan menurun sedangkan daya output yang tetap seimbang sehingga menghasilkan kenaikan efisiensi yang sangat tinggi (Sanni, 2017).

5. Simpulan dan saran

5.1 Simpulan

Menurut penelitian ini didapatkan simpulan sebagai berikut :

1. Sel surya bersudut 70° didapatkan daya luaran rata-rata sebesar 0,3428 watt kinerja sel surya bersudut 140° didapatkan daya luaran rata-rata sebesar 0,5894 watt, dan kinerja sel surya bersudut 180° didapatkan daya luaran rata-rata sebesar 0,57208 watt.
2. sel surya bersudut 70° dengan rata-rata efisiensi 0,0913%, sel surya bersudut 140° dengan rata-rata efisiensi 0,055%, dan sel surya bersudut 180° dengan rata-rata efisiensi 0,054%.
3. Sel surya dengan nilai terbaik atau tertinggi terjadi adalah sudut 70°, efisiensi memiliki daya guna, dalam sistem akan lebih lengkap menilai dari nilai efisiensi yang baik.

5.2 Saran

Pengukuran semua parameter panel surya terutama intensitas cahaya matahari, temperatur, arus dan tegangan sebaiknya menggunakan *akuisisi data* atau *data logger* untuk mendapatkan data yang lebih presisi dan akurat, dimana setiap saat data masukan didapatkan koneksi menghasilkan data luaran pada saat itu juga.

6. Daftar Referensi.

- [1] M. Wasi, D. Mugisidi, and Rifky, (2017) Uji eksperimental pengaruh fresnel pada modul surya 10 w peakdengan posisi sesuai pergerakan arah matahari, *Semin. Nas. Teknoka*, vol. 2, pp. 9–16,.
- [3] handoko rusiana Iskandar, (2020) *Praktis Belajar Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. Yogyakarta: Deepublish, 2020.
- [4] S. T. R. S. R. Nelly, (2019) *Teknologi Photovoltaics*. Aceh: yayasan puga aceh riset,
- [5] S. Rifky, (2019) Pengembangan modul pendingin kabin City Car Bertenaga Surya menggunakan Photovoltaics (PV) dan thermoelectric (TEC), *Teknobiz*, vol. 10, pp. 34–40,
- [6] R. Alfanz, R. Sumaedi, and Suhendar, (2015) Analisis Sistem Fotovoltaik Menggunakan Respon Dinamika Induksi pada Lilitan Kawat Tembaga, *Setrum*, vol. 4, no. 1, pp. 6–11,.
- [7] Evrita Lusiana Utari, (2017) “Perancangan Alat Induction Heating Pada Pengolahan Teh Sangrai Dengan Teknologi Energi Terbarukan (Solar Cell), *Teknoin*, vol. 23, pp. 211–222,
- [8] G. Nur Adi Pratama (2017), Perencanaan penerapan panel surya pada atap gedung A dan B serta perencanaan sistem kelistrikan menggunakan lampu LED di Fakultas Teknik universitas jember, *Karya Tulis Ilmiah. Progr. Stud. DIII Keperawatan. Fak. Keperawatan. Univ. Sumatera Utara. Medan*, pp. 9–35, [Online]. Available: <http://repository.unimus.ac.id/411/>.
- [9] Kementerian ESDM RI, (2020) Sumber Energi Terbarukan Masa Depan, <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/solar-cell-sumber-energi-terbarukan-masa-depan> (accessed Mar. 13, 2021).
- [10] Y. Pradona, (2019) Variasi Kemiringan Sudut Terhadap Efektivitas Kinerja Panel Surya, vol. 2, no. 1, pp. 41–49,
- [11] Sabin, (2017) *pengaruh sudut antara dua panel berbentuk profil V terhadap penyerapan radiasi matahari pada panel surya*. program studi Teknik mesin fakultas teknik UHAMKA
- [12] H. A. S and M. Bastomi, (2019) Analisis Pengaruh Perubahan Temperatur Panel Terhadap Daya Dan Efisiensi Keluaran Sel Surya Polycrystalline, *Din. J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 11, no. 1, p. 33, doi: 10.33772/djitm.v11i1.9285.