

PENGARUH TEMPERATURE SINAR MATAHARI TERHADAP KINERJA PANEL SURYA

Syaiful Anwar ^{*1)}, Aji Digdoyo ^{*2)}, Djamhir Djamruddin ^{*3)}, Nani Kurniawati ⁴⁾, Tri Surawan ^{*5)}

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Universitas Jayabaya, Jalan Raya Bogor Km 28,8
Cimanggis Jakarta Timur

*) Corresponding author: digdoyoaji@gmail.com

Abstract

There are many alternative energy that can be used in Indonesia, according to the location or conditions of Indonesia itself. One of the new and renewable energies that has considerable potential in Indonesia, for example, is solar energy. Solar panels are tools that can convert solar energy into electrical energy. There are problems that still quite affect the efficiency of solar panels, because the efficiency of solar panels has not reached maximum results, the electrical power produced from solar panels is the amount of temperature, solar intensity and the angle of inclination of the sun to the solar panels applied because most of the use of solar panels is only placed statically in a certain angle position. Based on the results of the research conducted, the efficiency of electric power produced by solar panels using the *solar tracker* position is 13.71%, while the solar panel uses a static position of 13.58%, the largest efficiency achievement of 14.13% at the measurement hour at 13:50 WIB with a *temperature below* the solar panel of 19.6 °C. The 2nd largest efficiency was obtained at 13.30 WIB with a temperature below the solar panel of 20.9 °C. There is a high electrical power efficiency of the solar panel when the temperature under the solar panel is low and a decrease in the power efficiency of the electricity when the temperature of sunlight under the solar panel is high.

Abstrak

Ada banyak energi alternatif yang dapat digunakan di Indonesia, sesuai dengan lokasi atau kondisi Indonesia itu sendiri. Salah satu energi baru dan terbarukan yang memiliki potensi cukup besar di Indonesia, adalah energi matahari. Panel surya adalah alat yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Ada permasalahan yang mempengaruhi efisiensi panel surya, karena efisiensi panel surya belum mencapai hasil yang maksimal, daya listrik yang dihasilkan dari panel surya dipengaruhi besaran temperatur, intensitas matahari dan sudut kemiringan matahari terhadap panel surya. sebagian besar penggunaan panel surya hanya ditempatkan secara statis dalam posisi sudut tertentu. Untuk itu diperlukan ada daya Listrik dengan *solar tracker* dan posisi tetap. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, efisiensi tenaga listrik yang dihasilkan oleh panel surya menggunakan posisi *solar tracker* sebesar 13,71%, sedangkan panel surya menggunakan posisi statis sebesar 13,58%, capaian efisiensi terbesar sebesar 14,13% pada jam pengukuran pukul 13:50 WIB dengan *temperature di* bawah panel surya sebesar 19,6 °C. Efisiensi terbesar ke-2 diperoleh pada pukul 13.30 WIB dengan temperatur di bawah panel surya 20,9 °C. Terjadi efisiensi daya Listrik panel surya yang tinggi ketika temperature di bawah panel surya rendah dan penurunan efisiensi daya Listrik ketika temperatuur sinar matahari di bawah panel surya tinggi.

Kata kunci: solar panels, electricity and electricity power efficiency

PENDAHULUAN

Ada banyak energi terbarukan yang dapat digunakan di Indonesia, sesuai dengan lokasi atau kondisi Indonesia itu sendiri. Salah satu energi baru dan terbarukan yang memiliki potensi cukup besar di Indonesia, energi surya. Indonesia memiliki iklim tropis yang cukup stabil dan posisi Indonesia di khatulistiwa membuatnya memiliki potensi yang cukup besar untuk memanfaatkan sinar matahari sebagai salah satu sumber energi terbarukan. Dengan menggunakan panel surya, masyarakat khususnya pemerintah tidak perlu terlalu bergantung pada sumber listrik yang disalurkan oleh PLN. Oleh karena itu, energi terbarukan yang bersumber dari sinar matahari yang diubah menjadi energi listrik melalui panel surya akan menjadi energi pertahanan listrik bagi masyarakat.

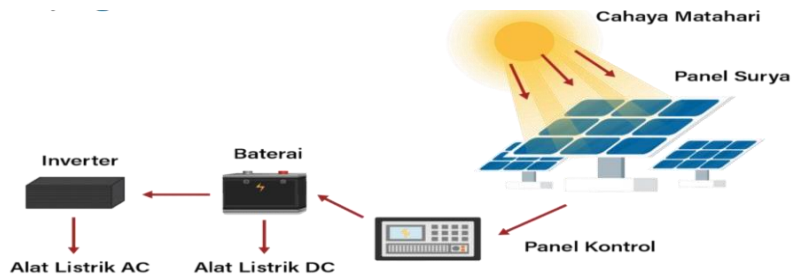
Dari beberapa hasil penelitian, terdapat permasalahan yang masih cukup mempengaruhi efektivitas panel surya, yaitu daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya masih belum mencapai energi listrik yang tinggi, hal ini dikarenakan hanya 20-30% energi sinar matahari yang dapat diubah menjadi energi listrik sedangkan 70-80% sinar matahari menjadi limbah panas. Besarnya perubahan energi listrik juga dipengaruhi oleh bahan semi-konduktor yang digunakan. Hal lain yang juga mempengaruhi jumlah energi listrik yang dihasilkan pada panel surya adalah sudut kemiringan matahari relatif terhadap panel surya. Untuk mendapatkan daya listrik yang maksimal dari panel surya adalah dengan menambahkan *solar tracker* dan akan diterapkan pada panel surya [1,2,3]. Dengan *solar tracker*, panel surya akan mengikuti posisi matahari sehingga posisi panel dan matahari akan tegak lurus dan dapat memberikan daya listrik yang maksimal. Penelitian ini untuk melihat daya listrik yang dihasilkan saat menggunakan *solar tracker* dibandingkan dengan daya listrik yang dihasilkan dari panel surya statis. [[4,5,6,7]

Panel surya

Panel surya adalah pembangkit listrik yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik dengan kumpulan sel surya yang disusun sedemikian rupa sehingga efektif dalam menyerap sinar matahari. Sementara itu, yang bertugas menyerap sinar matahari adalah sel surya. Sel surya sendiri terdiri dari berbagai komponen atau komponen *fotovoltaik* yang dapat mengubah cahaya menjadi listrik. Umumnya, sel surya terdiri dari lapisan silikon yang merupakan strip semikonduktor, logam, anti-reflektif, dan konduktor logam. Sel surya atau sel fotovoltaik adalah perangkat yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik menggunakan efek fotolistrik. [8,9,10,11]

Jumlah sel surya yang disusun menjadi panel surya akan berbanding lurus dengan energi yang dihasilkan. Dalam arti semakin banyak sel surya yang digunakan, semakin banyak energi matahari yang diubah menjadi energi listrik. Prinsip kerja sel surya dimulai dari partikel yang disebut "Foton" yang merupakan partikel sinar matahari yang sangat kecil. Ketika foton mengenai atom semikonduktor sel surya, ia dapat menghasilkan sejumlah besar energi untuk memisahkan elektron dari struktur atomnya. Elektron bermuatan negatif yang terpisah akan bergerak bebas di daerah pita konduksi bahan semi-konduktif, sehingga atom yang kehilangan elektron kosong di bantalan struktural dan disebut "lubang" dengan muatan positif.

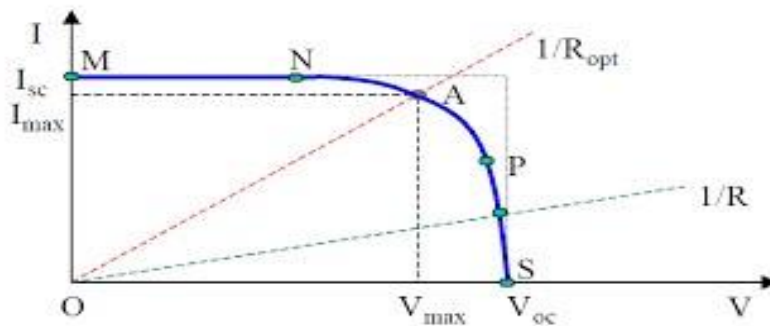
Daerah semi-konduktor dengan elektron bebas adalah negatif dan bertindak sebagai donor elektron yang disebut semi-konduktor tipe-N. Persimpangan daerah positif dan negatif akan menghasilkan energi yang mendorong elektron dan lubang ke arah yang berlawanan. Elektron bergerak menjauh dari daerah negatif, dan lubang menjauh dari daerah positif. Ketika diberi beban berupa lampu atau perangkat listrik lainnya, maka akan menyebabkan arus listrik.



Gambar 1. Cara kerja panel surya

Daya Listrik dan Efisiensi Panel Surya

Besarnya intensitas matahari sangat mempengaruhi daya dan efisiensi yang dihasilkan. Untuk mengetahui karakteristik arus dan tegangan pada sel surya, kurva dapat digunakan pada Gambar 2



Gambar 2. Kurva Karakteristik Arus dan Voltage

Teori atau rumus dasar untuk menghitung daya listrik dan efisiensi panel surya adalah sebagai berikut:[12,13,14,15,16]

Faktor Pengisi

Faktor pengisi adalah ukuran kualitas sel surya yang dapat diketahui dengan membandingkan daya maksimum dan output teoritis pada tegangan sirkuit terbuka dan korsleting. Faktor pengisi adalah parameter yang menyatakan berapa banyak perkalian antara tegangan maksimum dan arus maksimum dibagi dengan perkalian antara tegangan di sirkuit terbuka dan arus di sirkuit terbuka dengan persamaan sebagai berikut:

$$FF = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}}$$

Dengan:

FF = Faktor pengisian

V_{mp} = Tegangan Daya Maksimum

I_{mp} = Arus Daya Maksimum

V_{Oc} = *Buka Cicuit Voltage* (Volt)
 I_{sc} = *Arus Sircuit Pendek* (Ampare)

Daya masuk

Daya input/daya masuk diperoleh dengan mengalikan intensitas radiasi matahari yang diterima dengan luas permukaan panel surya menggunakan persamaan berikut:

$$P_{in} = I_r \times A$$

Dengan:

P_{in} = Daya input karena radiasi matahari (Watt)

I_r = Intensitas radiasi matahari (W/m²)

A = Luas permukaan sel surya (m²)

Daya keluaran

Daya keluaran dalam sel surya adalah perkalian tegangan sirkuit terbuka dengan arus hubung singkat dan faktor pengisian yang dihasilkan oleh sel surya dihitung dengan persamaan berikut:

$$C_{emberut} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

Dengan:

P_{out} = Daya keluaran (Watt)

V_{oc} = *Tegangan Cicuit Terbuka* (Volt)

I_{sc} = *Arus Sircuit Pendek* (Ampare)

Efisiensi Panel Surya

Efisiensi panel surya adalah rasio daya keluaran terhadap daya intensitas matahari dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\eta = \frac{\text{Keluaran } P_{out}}{\text{Masukan } P_{in}} \times 100\%$$

Dengan:

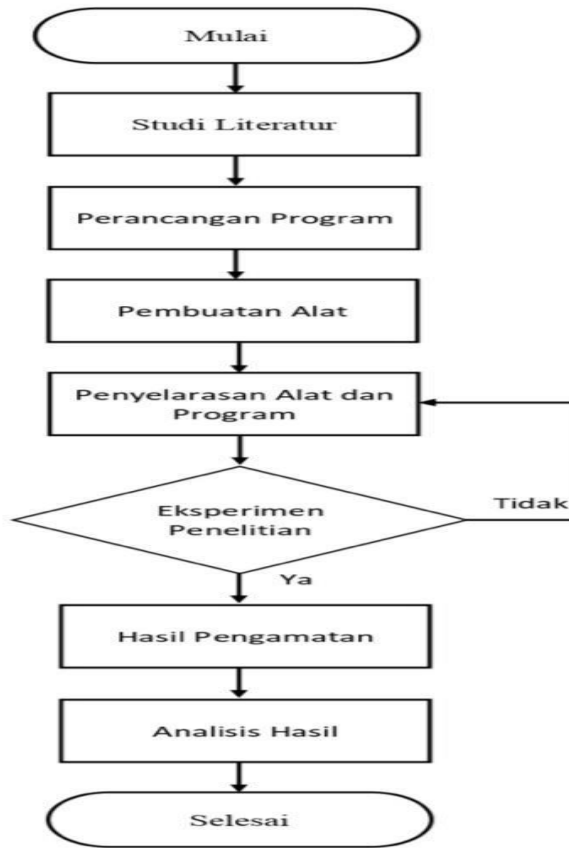
P_{in} = Daya input karena radiasi matahari (Watt)

P_{out} = Daya keluaran (Watt)

η = Efisiensi panel surya (%)

METODOLOGI PENELITIAN

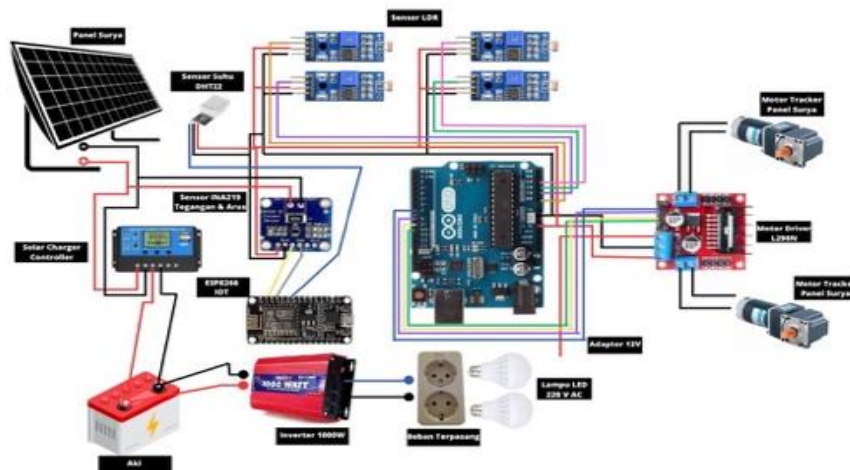
Penelitian ini memiliki proses yang terdiri dari beberapa tahapan seperti yang ditunjukkan pada gambar 3. sebagai berikut:



Gambar 3. Diagram Alur Penelitian

ALAT DAN BAHAN

Adapun komponen atau alat dan bahan yang dibutuhkan adalah seperti yang terlihat pada gambar 4 sebagai berikut:



Gambar 4. Skema alat alat percobaan

ALAT :

TREnD - Technology of Renewable Energy and Development

- Laptop 1 buah digunakan sebagai alat bantu untuk melihat data dari arduino
- Panel surya monokristalin dengan kapasitas 30 Wp
- 1 buah Arduino digunakan untuk merekam intensitas cahaya, arus dan tegangan dalam waktu tertentu
- Motor DC 1 set 12 Volt
- Gear Box dengan sumbu ganda / *solar tracker*
- Motor Diriver L298N
- Sensor INA219
- *Pengontrol Pengisi Daya Surya*
- 4 pcs sensor LDR
- Accu 12V 26Ah 1 buah
- Power Inverter 1000W 1 buah
- Daya kabel
- Kabel USB
- Sensor Suhu DST22
- Adaptor
- Node MCU ESP8266
- Multi tester
- Panel Stainless Surya
- Terminal Listrik
- *Casing* Sensor Suhu Akrilik

TEMPAT PENELITIAN

Penelitian "Pengaruh temperature Sinar Matahari terhadap Kinerja Panel Surya" ini dilakukan di ruang terbuka di Kampus C, Universitas Jayabaya, Fakultas Teknologi Universitas Jayabaya, Jalan Raya Bogor Km 18.8, Cimanggis, Jakarta Timur

HASIL PENELITIAN

Panel surya menggunakan pelacak surya

Pengamatan panel surya menggunakan panel tracker berdasarkan data pada hari dari pukul 10:00 WIB hingga 14:00 WIB, dihitung dengan interval waktu setiap 10 menit dan diperoleh 25 data penelitian. Data yang diperoleh menggunakan pelacak surya dapat diperoleh sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil intensitas radiasi matahari (W/m²)

No	Waktu	Tegangan (Volt)	Intesivitas Radiasi Matahari (W/m ²)	temperatur (° C)
1	10:00	13.85	990,75	32.8
2	10:10	13.54	980	37.7
3	10:20	13.71	977	41.9
4	10:30	13.63	978.25	42.8
5	10:40	13.58	982.5	42.2
6	10:50	13.61	983.75	41.5
7	11:00	13.60	984.75	41,9
8	11:10	13.69	988.75	42.9
9	11:20	13.80	985.25	44.5
10	11:30	13.85	983.75	45.7
11	11:40	14.24	982.5	47.2
12	11:50	14.30	984.75	48,1
13	12:00	14.60	987.75	50.1
14	12: 10	14,60	988	52.2
15	12:20	14.16	982	50.1
16	12: 30	14.12	982.5	49.5
17	12:40	14,23	985.75	49.1
18	12:50	13,77	982.75	46.3
19	13:00	13,25	973.75	46.3
20	13:10	13.47	972	46,1
21	13:20	13,36	971.75	46.3
22	13:30	13.25	949.5	45.9
23	13:40	13,67	964	46,1
24	13:50	13.80	949	44.6
25	14:00	13,47	963.75	44.2

Daya dan efisiensi panel surya

Perhitungan daya masuk, daya keluaran, dan efisiensi panel surya adalah sebagai berikut:

Daya Input atau Pin diperoleh berdasarkan data dalam tabel:

Daya input karena radiasi matahari (Watt)

I_r = Intensitas radiasi matahari (W/m²)

A = Luas permukaan sel surya (m²)

$$\begin{aligned} P_{in} &= I_r \times A \\ &= 990,75 \times 0,224 \\ &= 221.93 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Daya keluaran atau Pout diperoleh berdasarkan data dalam tabel:

FF = Faktor Pengisian

Pout = Daya mati (Watt)

V_{mp} = Daya Maksimum Voltage (Adalah)

I_{mp} = Arus Daya Maksimum (Ampare)

$$\begin{aligned} FF &= \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}} = \frac{18 \times 1.67}{21.6 \times 1.84} = \\ &= \frac{30.06}{39.744} = 0.756 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya out} &= V_{Oc} \times I_{sc} \times FF \\ &= 21,6 \times 1,84 \times 0,756 \\ &= 30.04 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi yang diperoleh berdasarkan data dalam tabel:

P_{in} = Daya input karena radiasi matahari (Watt)

P_{out} = Daya keluaran (Watt)

η = Efisiensi panel surya (%)

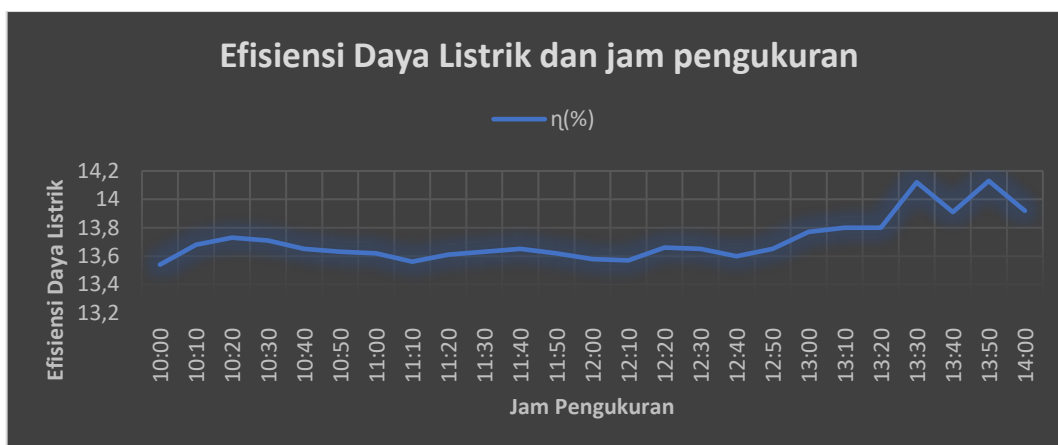
$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% = \frac{30.04}{221.9} \times 100\%$$

$$= 13.53 \%$$

Berdasarkan hasil perhitungan, hasil efisiensi daya listrik diperoleh sebagai berikut:

Tabel 2. Efisiensi daya listrik

No	Waktu	I_r (W/m ²)	V_{mp} (V)	I_{mp} (Ampere)	P_{out} (Watt)	Luas panel (m ²)	P_{in} (Watt)	Eff(P_o/P_i)
1	10:00	990.75	18.00	1.67	30.04	0.224	221.93	13.53
2	10:10	980	18.00	1.67	30.04	0.224	219.52	13.68
3	10:20	977	18.00	1.67	30.04	0.224	218.85	13.73
4	10:30	978.25	18.00	1.67	30.04	0.224	219.13	13.71
5	10:40	982.5	18.00	1.67	30.04	0.224	220.08	13.65
6	10:50	983.75	18.00	1.67	30.04	0.224	220.36	13.63
7	11:00	984.75	18.00	1.67	30.04	0.224	220.58	13.62
8	11:10	988.75	18.00	1.67	30.04	0.224	221.48	13.56
9	11:20	985.25	18.00	1.67	30.04	0.224	220.70	13.61
10	11:30	983.75	18.00	1.67	30.04	0.224	220.36	13.63
11	11:40	982.5	18.00	1.67	30.04	0.224	220.08	13.65
12	11:50	984.75	18.00	1.67	30.04	0.224	220.58	13.62
13	12:00	987.75	18.00	1.67	30.04	0.224	221.26	13.58
14	12:10	988	18.00	1.67	30.04	0.224	221.31	13.57
15	12:20	982	18.00	1.67	30.04	0.224	219.97	13.66
16	12:30	982.5	18.00	1.67	30.04	0.224	220.08	13.65
17	12:40	985.75	18.00	1.67	30.04	0.224	220.81	13.60
18	12:50	982.75	18.00	1.67	30.04	0.224	220.14	13.65
19	13:00	973.75	18.00	1.67	30.04	0.224	218.12	13.77
20	13:10	972	18.00	1.67	30.04	0.224	217.73	13.80
21	13:20	971.75	18.00	1.67	30.04	0.224	217.67	13.80
22	13:30	949.5	18.00	1.67	30.04	0.224	212.69	14.12
23	13:40	964	18.00	1.67	30.04	0.224	215.94	13.91
24	13:50	949	18.00	1.67	30.04	0.224	212.58	14,13
25	14:00	963.75	18.00	1.67	30.04	0.224	215.88	13.92



Gambar 5. Efisiensi Daya Listrik dan Waktu Pengukuran

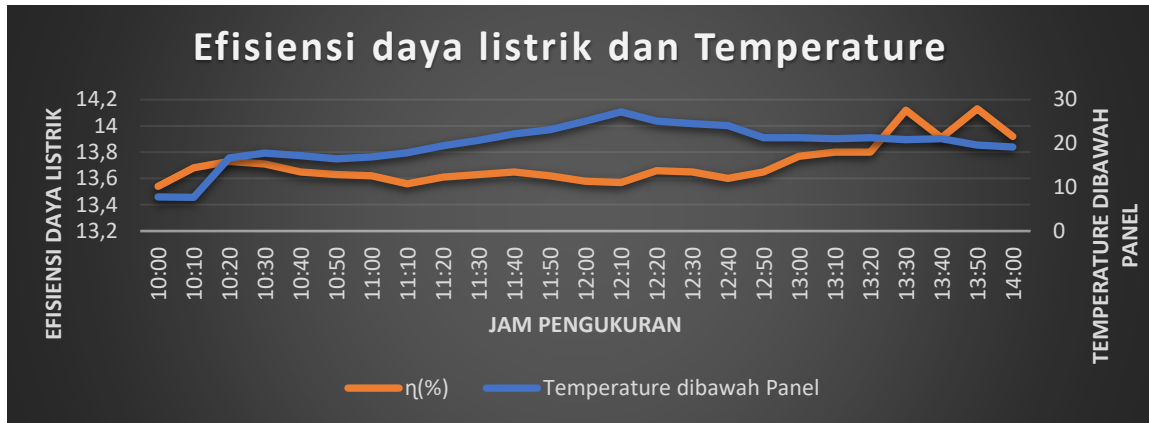
Berdasarkan gambar 5, efisiensi terbesar terjadi pada waktu 13,30 WIB dengan efisiensi daya Listrik 14,13%.

Suhu panel surya

Hasil pengamatan temperature pada panel surya dengan *solar tracker* adalah seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut

Tabel 3. temperatur panel surya

No	Waktu	Temperatur Pengujian ($^{\circ}\text{C}$)	Temperatur Panel ($^{\circ}\text{C}$)	Temperatur bawah panel ($^{\circ}\text{C}$)
1	10:00	32.8	25.0	7.8
2	10:10	37.7	25.0	7.7
3	10:20	41.9	25.0	16.7
4	10:30	42.8	25.0	17.8
5	10:40	42.2	25.0	17.2
6	10:50	41.5	25.0	16.5
7	11:00	41.9	25.0	16.9
8	11:10	42.9	25.0	17.9
9	11:20	44.5	25.0	19.5
10	11:30	45.7	25.0	20.7
11	11:40	47.2	25.0	22.2
12	11:50	48,1	25.0	23.1
13	12:00	50.1	25.0	25.1
14	12:10	52.2	25.0	27.2
15	12:20	50.1	25.0	25.1
16	12:30	49.5	25.0	24.5
17	12:40	49,1	25.0	24,1
18	12:50	46.3	25.0	21.3
19	13:00	46,3	25.0	21.3
20	13:10	46,1	25.0	21.1
21	13:20	46.3	25.0	21.3
22	13:30	45.9	25.0	20.9
23	13:40	46,1	25.0	21.1
24	13:50	44.6	25.0	19.6
25	14:00	46.0	25.0	20.1



Gambar 6. Efisiensi: Daya listrik dan waktu pengukuran dan suhu

Berdasarkan gambar 6, capaian efisiensi terbesar adalah 14,13% pada jam pengukuran pukul 13:50 WIB dengan *temperature* sinar matahari di bawah panel surya 19,6 °C. Efisiensi terbesar ke-2 diperoleh pada pukul 13:30 WIB waktu pengukuran senilai 14,12% dengan *temperature* sinar matahari di bawah panel surya 20,9 °C dapat diartikan ketika *temperature* sinar matahari di bawah panel surya tinggi, efisiensi daya listrik panel surya rendah, sedangkan sebaliknya ketika *temperature* sinar matahari di bawah panel surya menurun, Efisiensi daya listrik panel surya cenderung tinggi.

Panel surya dengan posisi statis:

Berdasarkan hasil pengamatan, hasil efisiensi daya listrik diperoleh sebagai berikut:

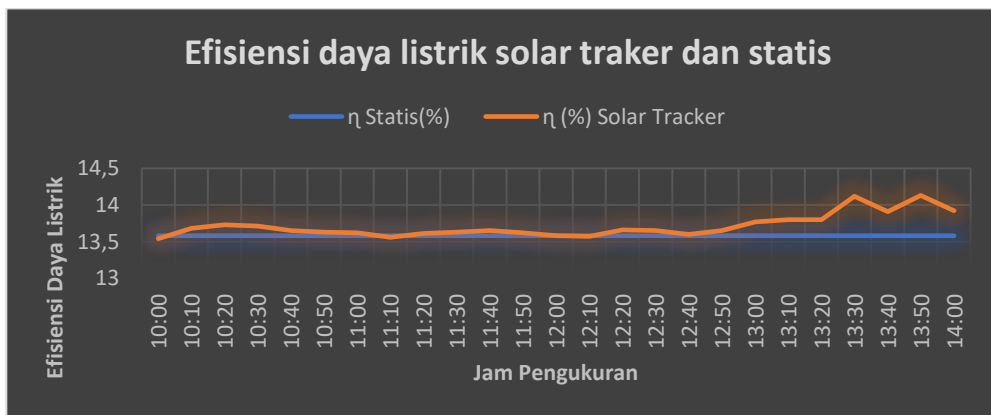


Gambar 7. Efisiensi daya listrik dan waktu pengukuran

Tabel 4. Daya listrik yang efisien dengan posisi statis

N	Waktu	Intensitas (W/m ²)	V _p (V)	P _{out} (Watt)	Luas panel (m ²)	Pin (Watt)	Nilai (%)
1	10:00	987.75	18.00	30.04	0.224	221.26	13.58
2	10:10	987.75	18.00	30.04	0.224	221.26	13.58
3	10:20	987.75	18.00	30.04	0.224	221.26	13.58
4	10:30	987.75	18.00	30.04	0.224	221.26	13.58
5	10:40	987.75	18.00	30.04	0.224	221.26	13.58
6	10:50	987.75	18.00	30.04	0.224	221.26	13.58
7	11:00	987.75	18.00	30.04	0.224	221.26	13.58
8	11:10	987.75	18.00	30.04	0.224	221.26	13,58
9	11:20	987.75	18.00	30.04	0.224	221.26	13.58
10	11:30	987.75	18.00	30.04	0.224	221.26	13.58
11	11:40	987.75	18.00	30.04	0.224	221.26	13.58
12	11:50	987.75	18.00	30.04	0.224	221.26	13.58
13	12:00	987.75	18.00	30.04	0.224	221.26	13.58
14	12:10	987.75	18.00	30.04	0.224	221.26	13.58
15	12:20	987.75	18.00	30.04	0.224	221.26	13.58
16	12:30	987.75	18.00	30.04	0.224	221.26	13.58
17	12:40	987.75	18.00	30.04	0.224	221.26	13,58
18	12:50	987.75	18.00	30.04	0.224	221.26	13.58
19	13:00	987.75	18.00	30.04	0.224	221.26	13.58
20	13:10	987.75	18.00	30.04	0.224	221.26	13.58
21	13:20	987.75	18.00	30.04	0.224	221.26	13.58
22	13:30	987.75	18.00	30.04	0.224	221.26	13.58
23	13:40	987.75	18.00	30.04	0.224	221.26	13.58
24	13:50	987.75	18.00	30.04	0.224	221.26	13.58
25	14:00	987.75	18.00	30.04	0.224	221.26	13.58

Pada Gambar 7. Dapat dilihat bahwa data yang diukur pada panel surya statis memiliki hasil yang relatif sama pada setiap waktu pengukuran, efisiensi yang diperoleh sama pada setiap jam pengukuran sebesar 13,58%



Gambar 8. Efisiensi daya listrik pada posisi solar tracker dan posisi statis

Berdasarkan gambar 8, efisiensi daya listrik panel surya menggunakan posisi *solar tracker* sangat bergantung pada waktu pengukuran dengan efisiensi tertinggi: 14,13% pada pukul 13:50 sedangkan posisi statis efisiensi daya listrik: 13,58%

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, diperoleh sebagai berikut:

1. Daya listrik dengan posisi *solar tracker* sedikit lebih baik dibandingkan dengan panel surya posisi statis.
2. Efisiensi daya listrik tertinggi sebesar 14,13% pada panel surya dengan *solar tracker* diperoleh pada pukul 13:50 WIB dengan intensitas radiasi matahari 949 W/m² dan suhu di bawah 19,6 °C.
3. Efisiensi daya listrik yang diperoleh pada panel surya statis adalah 13,58%.
4. Terjadi capaian efisiensi energi listrik sebesar 14,13% pada jam pengukuran pukul 13.50 WIB dengan suhu di bawah panel surya 19,6 °C. Efisiensi terbesar ke-2 diperoleh pada pukul 13:30 WIB sebesar 14,12% dengan suhu di bawah panel surya 20,9 °C, yang dapat diartikan sebagai ketika *temperature sinar matahari di bawah panel surya tinggi*, efisiensi energi listrik rendah, dan sebaliknya, ketika *temperatur sinar matahari di bawah panel surya berkurang*, efisiensi daya listrik meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Laksono, RE *Merancang dan membangun solar tracker berbasis arduino uno dengan metode real time clock* (Tesis Sarjana, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta).
- [2] Santoso, HE, & RAHMADIANSAH, A. (2014). Rancang dan bangun sistem pelacakan surya menggunakan kontrol PID pada sumbu azimuth. *Tugas akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia*.
- [3] Daya, PS (2021). ANALISIS OUTPUT DAYA PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DENGAN KAPASITAS 10WP, 20WP, DAN 30WP. *Jurnal Poros Engkol*, 4(2).
- [3] Alamsyah, T., Hiendro, A., & Abidin, Z. (2019). Analisis Potensi Energi Surya sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Panel Monokristalin dan Polikristalin di Kota Pontianak dan sekitarnya. *Jurnal Teknik Elektro, Universitas Tanjungpura*, 2(1).
- [4] Djuandi, F. (2011). Pengenalan arduino. *E-book. www.tobuku*, 24.
- [5] Sholikhah, IA (2019). *DESAIN RECTIFIER TERKONTROL FASE TUNGGAL DENGAN PID CONTROLLER SEBAGAI DC MOTOR SPEED REGULATOR* (Disertasi Doktor, Institut Teknologi Kalimantan).
- [6] Muttaqin, IR, & Santoso, DB (2021). Prototype pagar otomatis berbasis Arduino Uno Dengan Sensor Ultrasonic Hc-SR04. *Jurnal JE-UNISLA: Electronic Control, Telecommunication, Computer Information and Power System*, 6(2), 41-45.
- [7] Monda, HT, Feriyonika, F., & Rudati, PS (2018, Oktober). Sistem Pengukuran Daya pada Sensor Node Wireless Sensor Network. Dalam *Prosiding Lokakarya Penelitian Industri dan Seminar Nasional* (Vol. 9, hlm. 28-31).

- [8] Wibowo, S. A., Afandi, A. N., & Lestari, D. (2018, Oktober). Penerapan internet of things untuk memantau dan mengendalikan sistem hybrid. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Listrik Terapan* (Vol. 2, No. 1, hlm. 73-78).
- [9] Haryanto, T. (2021). Merancang Panel Surya Energi Terbarukan untuk Beban Penting dengan Sistem Switch. *Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana*, 10(1), 41-50.
- [10] Rochman, S., & Sembodo, BP (2014). Merancang dan membangun perangkat kontrol pengisian baterai untuk mobil listrik menggunakan energi sel surya dengan metode sekuensial. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 12(2), 61-66.
- [11] Imammudin, AM, & Darmono, H. (2021). PEMANFAATAN INTENSITAS SINAR MATAHARI UNTUK PANEL SURYA SEBAGAI SUMBER DAYA MENGGUNAKAN DC POWER INVERTER HINGGA AC DAYA RENDAH. *Jurnal Ilmu dan Aplikasi Teknik*, 2(1), 24-28.
- [12] Wicaksana, AS (2017). *Desain Alat Ukur Kekeruhan di Air Kolam Menggunakan Optocoupler (Turbidity Sensor) Berbasis Arduino* (Disertasi Doktoral, UNIVERSITAS, 17 AGUSTUS 1945).
- [13] Urbach, TU, & Wildian, W. (2019). Merancang dan membangun sistem pemantauan dan kontrol untuk memanaskan zat cair menggunakan sensor inframerah MLX90614. *Jurnal Fisika Unand*, 8(3), 273-280.
- [14] NURUL HIDAYATI LUSITA DEWI, N. H. L. D. (2019). *Prototipe rumah pintar dengan modul nodemcu esp8266 berbasis internet of things (iot)* (Disertasi Doktor, UNIVERSITAS ISLAM MAJAPAHIT MOJOKERTO).
- [15] Junaldy, M., Sompie, SR, & Patras, LS (2019). Rancang dan bangun perangkat pemantauan arus dan tegangan pada sistem panel surya berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 8(1), 9-14.