



Pengaruh Polutan pada Permukaan Panel Surya Terhadap Kinerja Panel Surya Kapasitas 10 Wp

Diaz Cipta Pratama Talawo*[‡], Jumiati Ilham***, Lanto M. Kamil Amali***

*, **, ***Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo, Jl. Jendral Sudirman No.6 Kota Gorontalo, Indonesia 96128

(diaz_s1elektro2016@mahasiswa.ung.ac.id, jumiatiilham@ung.ac.id, kamilamali@ung.ac.id)

[‡]Penulis Koresponden, Diaz Cipta Pratama Talawo, Tel: +6282394913230, diaz_s1elektro2016@mahasiswa.ung.ac.id

Diterima: 08.06.2022 Disetujui: 18.07.2022 Diterbitkan: 31.07.2022

Abstrak- Energi terbarukan merupakan sebuah sumber energi yang berasal dari alam yang mampu digunakan dengan bebas, mampu diperbarui terus-menerus serta tak terbatas contohnya seperti energi matahari (surya). Jenis energi yang satu ini berasal dari proses penangkapan energi radiasi tenaga surya atau sinar matahari, kemudian mengubahnya menjadi listrik dan untuk mendapatkan aliran listrik, panas matahari akan diserap menggunakan panel surya kemudian mengubahnya menjadi energi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk Menganalisis kinerja panel surya terhadap lama waktu pengisian baterai, arus, tegangan serta daya pada kondisi permukaan panel surya bersih kering, bersih basah, terpolusi basah, dan terpolusi kering. Metode penelitian dilakukan dengan eksperimen langsung di lapangan., dimana menggunakan panel surya dengan kapasitas 10Wp (*Watt peak*) sebagai objek penelitian serta polutan larut dan polutan tak larut. Hasil penelitian yang didapatkan yaitu kinerja panel surya pada kondisi bersih kering memperoleh daya rata rata tertinggi yaitu 5,42 Watt dan lama waktu pengisian batterai tercepat selama 6 jam. Kemudian kondisi bersih basah memperoleh daya rata-rata 4,88 Watt dan lama waktu pengisian batterai 6 jam 10 menit. Kondisi terpolusi basah memperoleh daya rata-rata 4,77 Watt dengan lama waktu pengisian batterai selama 6 jam 14 menit dan kondisi terakhir terpolusi kering memperoleh daya rata-rata 4,43 Watt dengan dengan lama waktu pengisian batterai 6 jam 20 menit.

Kata Kunci : panel surya, daya, waktu pengisian batterai.

Effect of Pollutants on Panel Surfaces Concerning to Performance of 10 Wp PV Modul

Abstract- Renewable energy is a source of energy from nature that can be used freely, for example is solar energy. This type of energy comes from process of capturing solar radiation energy. To generate electricity, the solar thermal will be absorbed by applying solar panel and then transform it into electrical energy. The research aims to analyze the performance of solar panel towards battery charging time, current, voltage, and power based on the surface condition of solar panel, which is dry clean, wet clean, wet polluted, and dry polluted. The research method is field experiment where it uses solar modul with the capacity of 10 Wp (*Watt peak*) as the research objects as well as soluble pollutant and insoluble pollutant. The Findings reveal that the performance of solar panel in the dry clean condition obtains the highest power for 5.42 Watt on average and the fastest battery charging time is for 6 hours. In addition, the wet clean condition obtains the highest power for 4.88 Watt on average and the battery charging time is for 6 hours and 10 minutes. Meanwhile, the wet polluted condition obtains the highest power for 4.77 Watt on average and the battery charging time is for 6 hors and 14 minutes. Lastly, the dry polluted condition obtains the highest power for 4.43 Watt on average and the battery charging time is for 6 hors and 20 minutes.

Keywords : solar panel, power, battery charging time

1. Pendahuluan

Energi yang bersifat terbarukan mempunyai peran yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi mengingat sumber energi tersebut sangat melimpah. Energi terbarukan merupakan sebuah sumber energi yang berasal dari alam yang mampu digunakan dengan bebas, mampu diperbarui terus-menerus serta tak terbatas contohnya seperti energi matahari (surya). Jenis energi yang satu ini berasal dari proses penangkapan energi radiasi tenaga surya atau sinar matahari, kemudian mengubahnya menjadi listrik dan untuk mendapatkan aliran listrik, panas matahari akan diserap menggunakan solar panel (panel surya) kemudian mengubahnya menjadi tenaga listrik [1]

Salah satu upaya yang telah dikembangkan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). PLTS atau lebih dikenal dengan sel surya akan lebih diminati karena dapat digunakan untuk berbagai keperluan yang relevan dan di berbagai tempat seperti perkantoran, pabrik, perumahan, sumber energi listrik pada peralatan elektronik yang tidak terjangkau oleh aliran listrik PLN dan lainnya [2].

Energi listrik dari panel surya didapat dari panas yang merambat sampai permukaan bumi, atau cahaya yang jatuh sampai permukaan bumi. Dari beberapa penelitian menyatakan bahwa dengan mengubah cahaya matahari terutama intensitas matahari dengan modul surya dapat dibuat sumber energi listrik untuk konsumsi manusia [3].

Kualitas energi listrik yang dihasilkan dari panel surya bergantung pada panasnya sinar matahari yang menyinari permukaan panel surya, sehingga untuk kondisi iklim di Indonesia sangat berpotensi, karena letak geografis Indonesia berada di daerah garis khatulistiwa menyebabkan terjadinya iklim di Indonesia tropis atau panas. Faktor yang timbul pada pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) salah satunya adalah kebersihan pada permukaan panel surya. Seperti diketahui, panel surya dari sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) terpasang pada lingkungan terbuka, karena dilingkungan terbuka berpotensi terkena debu sehingga menjadi kotor hal ini akan mempengaruhi kinerja panel surya tersebut terhadap penyerapan energi panas matahari dalam pengisian charge battery. Seperti diketahui, sumber-sumber yang dapat menyebabkan kotor pada permukaan panel surya, akan berakibat pengurangan daya dari modul surya sehingga unjuk kerja dari modul surya sebagai penyerapan panas matahari tidak maksimal dalam pengisian/charge batteray [4].

Terjadinya penumpukan pada permukaan panel surya bisa berupa partikel-partikel pengotor baik larut maupun tak larut. Terbentuknya lapisan pengotor atau polutan yang disebabkan polusi udara pada permukaan

panel surya dapat mengakibatkan terjadinya pengurangan kinerja panel surya sebagai alat penyerap energi matahari. Selain itu, faktor yang mempengaruhi kinerja panel surya bisa disebabkan akibat kondisi iklim misalnya panas dan hujan serta lingkungan tempat/posisi diletakkannya panel surya pada dilingkungan yang banyak pepohonan unggas hal ini akan berpengaruh pada kinerja panel surya [5].

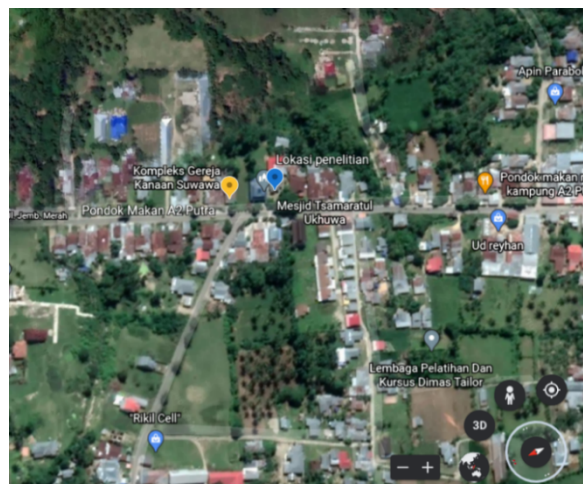
2. Metode Penelitian

2.1. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen langsung di lapangan., dimana peneliti menggunakan panel surya dengan kapasitas 10WP (*Watt Peak*) sebagai objek penelitian serta polutan larut dan polutan tak larut.

2.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini akan di lakukan di wilayah Kabupaten Bone Bolango Kecamatan Suwawa Desa Helumo Jl. Jembatan tepatnya di samping masjid Tsamaratul ukhuwa, dengan koordinat 0°32'48.3"N 123°08'08.8"E. Adapun lokasi penelitian ini diambil dikarenakan lokasi ini merupakan area terbuka yang tidak terhalang oleh pepohonan serta bangunan gedung atau rumah bertingkat sehingga penyinaran matahari dari pagi sampai sore lokasi ini tetap terkena sinar matahari.



Gbr. 1. Lokasi Penelitian

2.3. Prosedur Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan 4 kondisi permukaan panel surya yang berbeda yang diuji secara bersamaan pada waktu dan hari yang sama pada kondisi cuaca pada hari penelitian tersebut. Adapun pengujian 4 (empat) kondisi permukaan panel surya tersebut sebagai berikut:

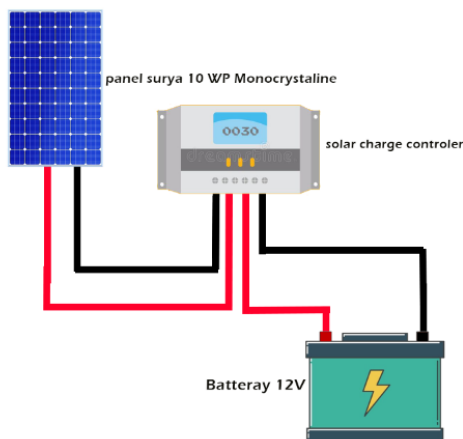
1. Kondisi permukaan panel surya bersih kering.

2. Kondisi permukaan panel surya bersih basah.
3. Kondisi permukaan panel surya terpolusi kering
4. Kondisi permukaan panel surya terpolusi basah.

Adapun prosedur penelitian yang dilakukan diuraikan sebagai berikut :

1. Rangkaian pengujian.

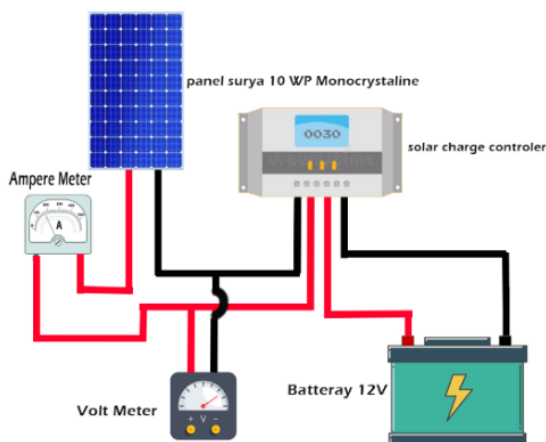
Penelitian ini akan menguji kinerja masing-masing panel surya pada 4 (empat) kondisi permukaan panel surya secara bersamaan dengan lama waktu pengujian 11 jam/hari selama 6 hari.



Gbr. 2. Rangkaian Pengujian

2. Rangkaian pengukuran arus dan tegangan output panel surya.

Pada tahap ini akan melakukan pengukuran arus dan tegangan pada panel surya di 4 kondisi panel surya yang berbeda, proses pengukuran ini di lakukan pada output masing masing panel surya.



Gbr. 3. Rangkaian Pengukuran Arus dan Tegangan

3. Pengujian lama waktu pengisian batteray

Pengujian lama waktu pengisian batteray dilakukan dengan cara memberikan beban pada batteray kemudian dibiarkan beban tersebut bekerja sampai batteray tersebut benar-benar kosong, tujuan pengujian ini akan mengetahui seberapa lama sistim panel surya akan mengisi penuh batteray tersebut. Terdapat 4 batteray yang akan di lakukan pengisian dengan menggunakan 4 buah panel surya yang kondisi permukaannya berbeda.



Gbr. 4. Pengujian Lama Waktu Pengisian Batery

4. Perhitungan kapasitas daya panel surya.

Kapasitas daya panel surya merupakan perkalian dari tegangan dan arus yang mengalir pada saluran. Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung daya listrik dalam sebuah rangkaian listrik PLTS adalah:

$$P = V \times I \quad (1)$$

Dimana :

P = Daya listrik dengan satuan Watt (W)

V= Tegangan listrik dengan satuan Volt (V)

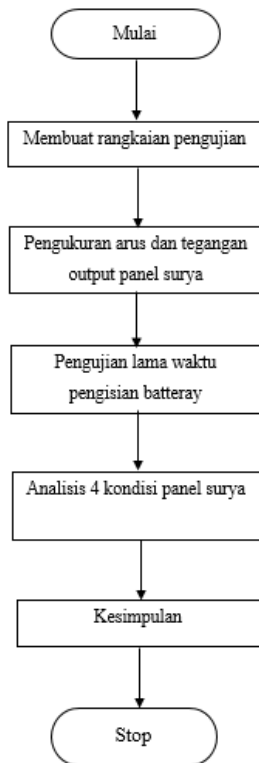
I= Arus listrik dengan satuan Ampere (A)

5. Analisis kinerja 4 kondisi panel surya

Penelitian ini untuk melihat pengaruh kinerja PLTS khususnya panel surya terhadap polutan yang menempel pada permukaan panel tersebut. Panel surya yang digunakan tipe monocrystalline. Pengujian dilakukan pada 4 kondisi permukaan panel surya yakni kondisi permukaan panel surya bersih kering, kondisi permukaan panel surya bersih basah, Kondisi Permukaan panel surya terpolusi basah dan Kondisi permukaan panel surya terpolusi kering. Berdasarkan hasil pengujian peneliti akan memperoleh data arus, tegangan dan daya yang dihasilkan dari masing masing panel surya kemudian setelah mendapatkan hasil data, Peneliti dapat mengetahui serta menyimpulkan kondisi panel surya yang manakah yang mampu menerima

cahaya matahari dengan maksimal sehingga bisa mendapatkan daya yang besar.

2.4. Jalan Penelitian



Gbr. 5. Diagram alir penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Panel Surya Kondisi Bersih Kering

Berdasarkan Tabel 1. Rata-rata Daya Panel Surya Pada Kondisi Bersih Kering, dimana daya listrik didapat dari hasil perkalian tegangan berbeban (V_L) dan arus berbeban (I_L), Hasil perhitungan daya keluaran dari panel surya pada kondisi bersih kering terendah diperoleh pada sore hari pukul 15.00 – 17.00 sebesar 2.03 Watt dengan tegangan berbeban (V_L) adalah 6.66 Volt dan arus berbeban (I_L) adalah 0.3 Ampere. Sedangkan daya tertinggi diperoleh pada siang hari pukul 12.00 – 14.00 sebesar 7.82 Watt dengan tegangan berbeban (V_L) 12.42 Volt dan arus (I_L) sebesar 0.62 Ampere.

3.2. Pengujian Panel Surya Kondisi Bersih Basah

Berdasarkan Tabel 2 Rata-rata Daya Panel Surya Pada Kondisi Bersih Basah, dimana daya listrik didapat dari hasil perkalian tegangan berbeban (V_L) dan arus berbeban (I_L), Hasil perhitungan daya keluaran dari pa-

Tabel 1. Rata-rata Daya Panel Surya Pada Kondisi Bersih Kering

Pengujian kondisi bersih kering			
Waktu	V_L (volt)	I_L (ampere)	W (watt)
7.00	8.54	0.40	3.41
8.00	9.90	0.49	4.85
9.00	10.79	0.54	5.82
Rata-rata pagi hari	9.74	0.47	4.69
10.00	11.26	0.56	6.30
11.00	12.67	0.63	7.98
Rata-rata menjelang siang hari	11.96	0.59	7.14
12.00	13.15	0.66	8.67
13.00	13.47	0.68	9.15
14.00	10.65	0.53	5.64
Rata-rata siang hari	12.42	0.62	7.82
15.00	7.47	0.36	2.68
16.00	6.88	0.31	2.13
17.00	5.65	0.23	1.29
Rata – rata sore hari	6.66	0.3	2.03
Rata – rata keseluruhan	10.19	0.49	5.42

nel surya pada kondisi bersih basah terendah diperoleh pada sore hari pukul 15.00 – 17.00 sebesar 1.64 Watt dengan tegangan berbeban (V_L) adalah 6.0 Volt dan arus berbeban (I_L) adalah 0.26 Ampere. Sedangkan daya tertinggi diperoleh pada siang hari pukul 12.00 – 14.00 sebesar 7.17 Watt dengan tegangan berbeban (V_L) 12.04 Volt dan arus (I_L) sebesar 0.59 Ampere.

3.3. Pengujian Panel Surya Kondisi Terpolusi Basah

Berdasarkan Tabel 3 Rata-rata Daya Panel Surya Pada Kondisi Terpolusi basah, dimana daya listrik dida-

Tabel 2. Rata-rata Daya Panel Surya Pada Kondisi Bersih Basah

Pengujian kondisi bersih basah			
Waktu	VL (volt)	IL (ampere)	W (watt)
7.00	8.22	0.39	3.20
8.00	9.70	0.47	4.55
9.00	10.44	0.51	5.32
Rata-rata pagi hari	9.45	0.45	4.35
10.00	10.87	0.54	5.86
11.00	11.84	0.58	6.86
Rata-rata menjelang siang hari	11.33	0.56	6.36
12.00	12.67	0.62	7.85
13.00	13.23	0.64	8.46
14.00	10.22	0.51	5.21
Rata-rata siang hari	12.04	0.59	7.17
15.00	6.94	0.33	2.29
16.00	6.12	0.26	1.59
17.00	5.20	0.20	1.04
Rata – rata sore hari	6.0	0.26	1.64
Rata – rata keseluruhan	9.70	0.46	4.88

patkan dari hasil perkalian tegangan berbeban (V_L) dan arus berbeban (I_L), Hasil perhitungan daya keluaran dari panel surya pada kondisi terpolusi basah terendah diperoleh pada sore hari pukul 15.00 – 17.00 sebesar 1.44 Watt dengan tegangan berbeban (V_L) adalah 5.79 Volt dan arus berbeban (I_L) adalah 0.24 Ampere. Sedangkan daya tertinggi diperoleh pada siang hari pukul 12.00 – 14.00 sebesar 7.23 Watt dengan tegangan berbeban (V_L) 12.15 Volt dan arus (I_L) sebesar 0.58 Ampere.

3.4. Pengujian Panel Surya Kondisi Terpolusi Kering

Tabel 3. Rata-rata Daya Panel Surya Pada Kondisi Terpolusi Basah

Pengujian kondisi terpolusi basah			
Waktu	VL (volt)	IL (ampere)	W (watt)
7.00	8.16	0.36	2.93
8.00	9.14	0.43	3.93
9.00	10.23	0.49	5.01
Rata-rata pagi hari	9.17	0.42	3.95
10.00	10.77	0.52	5.60
11.00	12.45	0.59	7.34
Rata-rata menjelang siang hari	11.61	0.55	6.47
12.00	13.17	0.63	8.29
13.00	13.26	0.65	8.61
14.00	10.03	0.48	4.81
Rata-rata siang hari	12.15	0.58	7.23
15.00	6.62	0.31	2.05
16.00	5.84	0.24	1.40
17.00	4.91	0.18	0.88
Rata – rata sore hari	5.79	0.24	1.44
Rata – rata keseluruhan	9.68	0.44	4.77

Berdasarkan Tabel 4 Rata-rata Daya Panel Surya Pada Kondisi terpolusi kering, dimana daya listrik didapat dari hasil perkalian tegangan berbeban (V_L) dan arus berbeban (I_L), Hasil perhitungan daya keluaran dari panel surya pada kondisi terpolusi kering terendah diperoleh pada sore hari pukul 15.00 – 17.00 sebesar 1.32 Watt dengan tegangan berbeban (V_L) adalah 5.59 Volt dan arus berbeban (I_L) adalah 0.23 Ampere. Sedangkan daya tertinggi diperoleh pada siang hari pukul 12.00 – 14.00 sebesar 6.66 Watt dengan tegangan berbeban (V_L) 11.67 Volt dan arus (I_L) sebesar 0.56 Ampere.

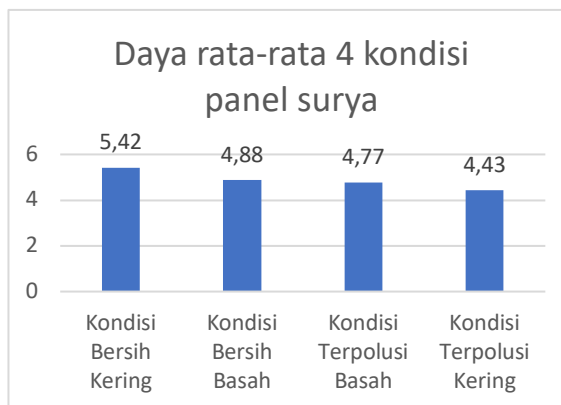
Hasil perhitungan rata-rata daya keseluruhan pada empat kondisi panel surya yaitu kondisi bersih kering,

Tabel 4. Rata-rata Daya Panel Surya Pada Kondisi Terpolusi Kering

Pengujian kondisi terpolusi kering			
Waktu	VL (volt)	IL (ampere)	W (watt)
7.00	7.98	0.35	2.79
8.00	9.30	0.40	3.72
9.00	9.97	0.47	4.68
Rata-rata pagi hari	9.08	0.40	3.73
10.00	10.82	0.51	5.51
11.00	11.63	0.56	6.51
Rata-rata menjelang siang hari	11.22	0.53	6.01
12.00	12.40	0.60	7.44
13.00	12.93	0.62	8.01
14.00	9.70	0.47	4.55
Rata-rata siang hari	11.67	0.56	6.66
15.00	6.50	0.30	1.95
16.00	5.60	0.22	1.23
17.00	4.68	0.17	0.79
Rata – rata sore hari	5.59	0.23	1.32
Rata – rata keseluruhan	9.39	0.43	4.43

bersih basah, terpolusi basah, dan terpolusi kering dapat disimpulkan pada grafik di Gambar 6.

Dari Gambar 6 dijelaskan bahwa daya rata-rata panel surya pada empat kondisi yang dilakukan penjemuran dibawah sinar matahari secara langsung, pada pukul 07.00-17.00 WITA. Berdasarkan hasil pengujian daya panel surya kondisi bersih kering memiliki daya rata-rata tertinggi yaitu 5,42 Watt karena pada kondisi ini merupakan acuan atau standar untuk ketiga kondisi berikutnya, pada kondisi bersih kering ini panel surya tidak diberikan penghalang/bayangan pada permukaan panel surya sehingga mendapatkan daya rata-rata yang maksimal kemudian kondisi kedua yaitu kondisi bersih basah dimana pada kondisi ini peneliti

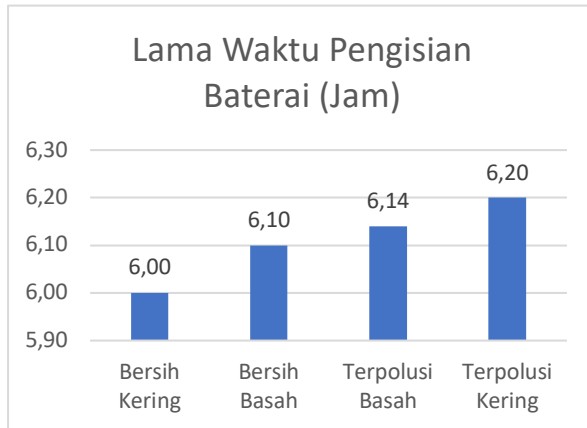


Gbr. 6. Daya Rata-Rata 4 Kondisi Panel Surya

menyemprotkan air destilasi ke permukaan panel surya yang merepresentasikan panel surya terkena dengan air hujan pada kondisi ini mendapatkan daya rata rata di bawah dari kondisi bersih kering yaitu 4.88 Watt, perbedaan daya rata rata yang tidak terlalu signifikan karena radiasi matahari yang diterima di permukaan panel surya masih mampu menyerap, hanya saja suhu di sekitar panel surya berkurang karena terdapat air di permukaan panel surya sehingga radiasi yang di terima oleh panel surya berkurang. Kemudian kondisi ketiga yaitu kondisi terpolusi basah dimana kondisi ini merepresentasikan panel surya posisinya atau pemasangannya berada didaerah pinggiran atau berada di pesisir pantai, sehingga potensi menempelnya polutan garam tersebut sangat besar daya rata rata yang dihasilkan panel surya kondisi terpolusi basah ini yaitu 4.77 Watt tidak berbeda jauh dengan kondisi sebelumnya yaitu kondisi bersih basah karena pada kondisi terpolusi basah ini disemprotkan air destilasi dan polutan garam yang sifatnya larut oleh karena itu ketika disemprotkan ke permukaan panel surya hanya bersifat bening tidak benar benar menutupi permukaan panel surya karena sifat polutan garam tersebut akan larut ketika di campurkan dengan air destilasi tetapi daya rata rata pada kondisi lebih rendah daripada kondisi bersih basah dan cukup terlihat perbedaan daya rata rata antara kondisi terpolusi basah dan kondisi acuan yaitu kondisi bersih kering. Kemudian kondisi terakhir yaitu kondisi terpolusi kering pada kondisi ini peneliti menggunakan polutan yang tak larut sejenis debu debu, pada kondisi ini merepresentasikan panel surya terletak di daerah yang berdebu seperti jalan raya, wilayah pabrik serta pegunungan Sangat besar kemungkinan dimana penumpukan debu terakumulasi pada permukaan panel surya dan menyebabkan terhalangnya sinar matahari menuju permukaan panel surya sehingga menyebabkan menurunnya daya yang dihasilkan oleh karena itu kondisi terpolusi kering ini merupakan kondisi terendah dari 3 kondisi sebelumnya yaitu rata rata daya yang dihasilkan 4.43 Watt.

3.5. Pengujian Lama Waktu Pengisian Baterai

Pada pengujian lama waktu pengisian baterai dengan kapasitas 12 Volt 3,5 Ah menggunakan panel surya dengan 4 kondisi panel surya, panel surya di letakan pada tempat yang terpapar langsung sinar matahari kemudian di biarkan panel surya mengisi baterai sampai dengan baterai tersebut penuh. Berikut grafik hasil pengujian lama waktu pengisian baterai:



Gbr. 7. Lama Waktu Pengisian Baterai

Pada proses pengisian panel surya, Ke 4 kondisi panel surya tersebut terdapat perbedaan waktu untuk mencapai baterai dalam keadaan full yang pertama kondisi bersih kering membutuhkan waktu selama 6 jam kemudian kondisi bersih basah membutuhkan waktu selama 6 jam 10 menit, kondisi terpolusi basah membutuhkan waktu 6 jam 14 menit Kondisi terpolusi kering membutuhkan waktu selama 6 jam 20 menit.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian Pengaruh Polutan Pada Permukaan Panel Surya Terhadap Kinerja Panel Surya Kapasitas 10 Wp dapat disimpulkan bahwa:

1. Kinerja panel surya pada kondisi bersih kering memperoleh daya rata rata tertinggi yaitu 5,42 Watt dan waktu pengisian batteray tercepat selama 6 jam dibandingkan ketiga kondisi lainnya (kondisi bersih basah, terpolusi basah dan terpolusi kering).
2. Pada kondisi permukaan panel surya bersih basah ini menghasilkan daya rata rata lebih rendah dari kondisi bersih kering yaitu 4,88 Watt dan lama waktu pengisian batteray 6 jam 10 menit terdapat selisih daya 0,54 Watt dan selisih waktu pengisian batteray selama 10 menit, hal ini disebabkan oleh suhu di sekitar panel surya berkurang karena terdapat air di permukaan panel surya sehingga radiasi matahari yang di terima oleh panel surya berkurang.
3. Kondisi terpolusi basah menghasilkan daya rata rata lebih rendah antara kondisi bersih kering dan bersih basah yaitu 4,77 Watt dengan lama waktu

pengisian batteray 6 jam 14 menit terdapat selisih daya 0,99 Watt dengan kondisi bersih kering dan selisih waktu pengisian batteray selama 14 menit, dikarenakan pada kondisi terpolusi basah ini permukaan panel surya disemprotkan dengan air dan polutan garam garaman sehingganya radiasi matahari yang masuk ke permukaan panel surya berkurang,tetapi masi bisa menembus permukaan panel surya karena sifat dari air destilasi dan polutan garam yang bening.

4. Kondisi terpolusi kering merupakan kondisi terendah dari ke 3 kondisi sebelumnya (kondisi bersih kering, bersih basah dan terpolusi basah) daya rata rata yang dihasilkan yaitu 4,43 Watt dengan lama waktu pengisian batteray selama 6 jam 20 menit, terdapat selisih daya 0,99 Watt dengan kondisi bersih kering dan selisih lama waktu pengisian batteray selama 20 menit, karena polutan debu yang menempel pada permukaan panel surya menghalangi radiasi matahari yang masuk pada permukaan panel surya dan semakin banyak polutan debu di permukaan panel surya maka akan di iringi juga dengan penurunan daya yang signifikan yang dihasilkan oleh panel surya.

Daftar Pustaka

- [1] Azhar, M., "Implementasi Kebijakan Energi Baru dan Energi Terbarukan Dalam Rangka Ketahanan Energi Nasional.", *Administrative Law and Governance Journal*, vol.1, no.4, pp. 398-412. 2018.
- [2] Diantari, R A., "Studi Penyimpanan Energi Pada Baterai Plts.", *Energi & Kelistrikan*, vol. 9, no. 2, pp. 120-125, 2018. doi.org/10.33322/energi.v9i2.48
- [3] Purwoto, B. H., "Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif.", *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, vol.18, no.1, pp. 10-14. 2018. doi.org/10.23917/emitor.v18i01.6251
- [4] Sujana, P. A., "Pengaruh Kebersihan Modul Surya Terhadap Unjuk Kerja PLTS.", *Jurnal SPEKTRUM*, vol.2, no. 3, pp. 49-54, 2015.
- [5] Wicaksana, M. R., "Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop 158 kWp Pada Kantor Gubernur Bali.", *Jurnal SPEKTRUM*, vol.6, no. 3, pp. 107-113, 2019.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]