

Pengembangan Alat Estimasi Pola Peningkatan Kekotoran Panel PV

Sapto Wibowo^{*a)}, Sigit Setya Wiwaha^{a)}, Irwan Heryanto/Eryk^{a)}

(Artikel diterima: April 2023, direvisi: Mei 2023)

Abstract: Photovoltaic (PV) panels play a pivotal role in converting solar radiation into electrical energy. The efficiency of PV panels is susceptible to the impact of shadows and accumulated dirt on the panel surfaces. This research aims to establish a correlation between the level of dirt accumulation and the resultant power generation. The methodology employed involves a comparative analysis of power output from PV panels under clean and dusty conditions. To quantify the increase in dust over a 3-day data collection period, a glass surface was exposed outdoors to collect dust, serving as a reference for comparison with the PV panel surface. The glass, containing accumulated dust, was then subjected to data retrieval using an LED as a light source. A light intensity sensor (BH1750) was employed to measure the decrease in light intensity as dust coverage increased on the glass surface over time. The results of the PV fouling test, utilizing 10 grams of dust, indicate a relatively stable voltage generation with only a 0.8-volt loss. In contrast, the current generated experienced losses of 0.28 amperes before and after fouling. These losses significantly impact the overall power generation capacity of the PV panel. This research sheds light on the importance of mitigating dust accumulation on PV surfaces to optimize and sustain efficient solar energy conversion.

Keywords: Photovoltaic; Sensor BH1750; Led; Glass; Effect of Dust on PV

1. Pendahuluan

Secara geografis Indonesia terletak di daerah garis khatulistiwa dengan energi surya sangat berlimpah sehingga memiliki potensi yang besar untuk dimanfaatkan sebagai pembangkitan energi listrik. Intensitas radiasi matahari di Indonesia cukup tinggi dengan rata-rata sekitar 4.5 kWh/m² [1] per hari di seluruh wilayah Indonesia. Data ini menunjukkan bahwa tiap 1 kW photovoltaic (PV) dapat menghasilkan 4,8 kWh energi listrik setiap harinya. Energi surya di Indonesia merupakan potensi yang seharusnya dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik secara optimal [2]. Salah satunya yaitu dengan adanya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), dengan menggunakan program "solar-rooftop" di setiap rumah dan digunakan sebagai lampu penerangan bertenaga surya [3]. Selain itu, PLTS juga bisa dibangun dalam skala kecil seperti generator pada 50 Megawatt [4]. Akan tetapi perlu diketahui juga pada pemasangan PLTS, modul PLTS akan lebih efektif apabila mendapat sinar langsung dengan arah tegak lurus terhadap permukaan modul [5].

Walaupun demikian, tingkat kekotoran PV seperti adanya debu pada permukaan panel sangat berpengaruh terhadap daya yang dibangkitkan. Debu merupakan partikel kecil yang dengan mudah bisa menempel pada permukaan PV. Setiap daerah memiliki tingkat debu yang berbeda, seperti misalnya pada daerah pinggiran gunung berapi yang masih aktif, panel PV akan sangat mudah kotor tertutup debu dibandingkan daerah lainnya. Kekotoran ini sangat mempengaruhi pembangkitan daya sehingga agar optimal, maka panel PV harus dibersihkan. Pembersihan PV selain dilihat dari tingkat kekotoran, juga tergantung dari cuaca. Apabila cuaca sedang musim hujan maka PV relatif tidak perlu sering dibersihkan, dibandingkan pada musim kemarau. Pada musim kemarau permukaan PV akan semakin cepat kotor karena debu.

Pola peningkatan kekotoran biasanya didapatkan dengan cara manual yaitu dengan meletakkan kaca yang diletakkan di luar selama beberapa lama. Setelah itu kaca diambil dan dilakukan pembacaan menggunakan sensor intensitas cahaya, kemudian kaca diletakkan kembali diluar. Pada minggu berikutnya, dilakukan pembacaan lagi dan proses berulang berkali kali hingga didapatkan pola pengotoran permukaan. Hal demikian kuranglah efektif sehingga pada penelitian ini dikembangkan suatu alat yang dapat mendapatkan pola kekotoran permukaan secara otomatis, dan akhirnya dengan alat itu akan bisa mendapatkan estimasi pola

peningkatan kekotoran pada suatu daerah.

2. Metode Penelitian

2.1 Photovoltaic

Photovoltaic merupakan sebuah semikonduktor yang terdiri dari diode p-n junction, dimana ketika terkena cahaya matahari akan menciptakan energy listrik yang mampu dimanfaatkan, pengubahan energy ini disebut efek photoelectric [6]. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan electron (muatan negative) sedangkan tipe-p mempunyai kelebihan hole (muatan positive) dalam struktur atomnya [7]. Sel surya sudah banyak diaplikasikan, terutama untuk wilayah atau daerah yang terpencil, yang tidak tersedia tenaga listrik dari grid, seperti pada sektor rumah tangga, komersial, pertanian, perikanan, perindustrian kecil, perkebunan, dll [8, 9]. Pemasangan sel surya yang berbentuk modul/panel surya dapat dipasang di atap gedung yang kemudian disambungkan di inverter untuk mengubah tegangan dari PV yang berbentuk DC menjadi tegangan AC untuk kebutuhan rumah yang bisa dikombinasikan ke grid listrik dalam sebuah pengaturan net metering.

2.2 Bayangan

Salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya daya keluaran dari panel surya adalah besarnya intensitas radiasi sinar matahari. Selain itu, daya keluaran yang dihasilkan oleh panel surya juga bergantung dari efek bayangan. Efek bayangan merupakan kemungkinan terhalangnya panel surya akibat dari bayangan suatu benda sehingga mengakibatkan berkurangnya radiasi sinar matahari yang dapat diterima oleh sel-sel pada panel surya, yang mengakibatkan berkurangnya daya listrik yang dihasilkan oleh PV tidak optimal [9, 10, 11]. Shading adalah kondisi ketika salah satu atau lebih sel silikon dari solar cell panel tertutup dari pancaran sinar matahari [12].

Ada beberapa jenis bayangan yang mempengaruhi kinerja dari panel surya, di antaranya adalah:

- a. Bayangan awan, jenis bayangan ini akan selalu muncul pada setiap pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Jenis bayangan ini juga sulit untuk dihindari karena sangat sulit untuk memprediksi kapan datangnya awan. Namun jenis bayangan ini sangat mempengaruhi besarnya daya output yang dihasilkan pada panel surya.

*Korespondensi: sapto.wibowo@polinema.ac.id

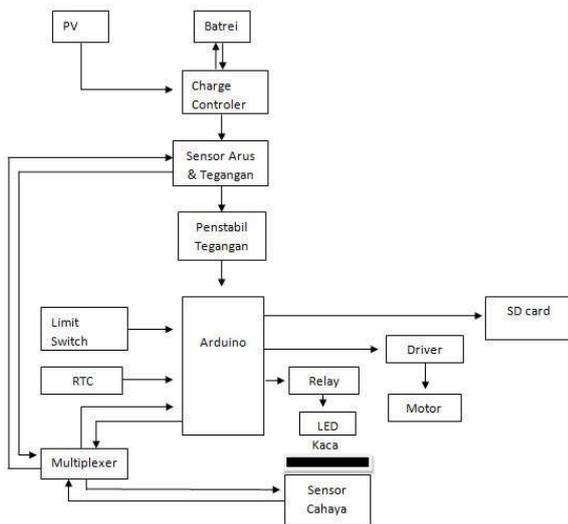
a) Prodi Sistem Kelistrikan, Jurusan Teknik Elektro, Polinema.
Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang 65141

- b. Pepohonan, pada beberapa PLTS, area panel masih terdapat banyak pohon-pohon tinggi yang terletak disebelah area panel. Hal ini sangat memungkinkan pepohonan tersebut menghalangi sinar matahari terutama ketika menjelang sore hari. Sehingga menyebabkan banyaknya pepohonan yang tumbuh tinggi dapat menghalangi sinar matahari.
- c. Debu dan kotoran hewan, jenis bayangan ini yang paling berpengaruh terhadap output dari panel surya. Di beberapa wilayah yang dipasang PLTS, panel surya yang terpasang sebagian besar berdebu, hal ini dikarenakan beberapa wilayah dekat dengan gunung yang masih aktif, yang menyebabkan adanya debu vulkanik yang menempel di panel surya tersebut. Selain itu, banyak terdapat kotoran burung yang menutupi panel surya tersebut. Lokasi panel yang merupakan tempat terbuka sangat memungkinkan burung- burung hinggap diatas panel.

2.3 Sensor Intensitas Cahaya (BH1750)

BH1750 adalah sensor cahaya *ambient digital*. Dengan komunikasi I2C dan kemampuan mendeteksi cahaya 1-65535 lx, sensor cahaya BH1750 lebih mudah digunakan dan lebih akurat dibandingkan dengan sensor seperti foto diode dan LDR yang mengeluarkan sinyal analog dan memerlukan perhitungan untuk mendapatkan data intensitas [13]. Sensor ini menggunakan a fotodiode untuk merasakan cahaya. Fotodiode ini mengandung persimpangan PN. Ketika cahaya jatuh di atasnya, pasangan lubang elektron dibuat di daerah penipisan. Karena efek fotolistrik internal, listrik diproduksi di fotodiode. Listrik yang dihasilkan sebanding dengan intensitas cahaya. Listrik ini diubah menjadi tegangan oleh Opamp [15].

2.4 Blok Diagram



GAMBAR 2.1 BLOK DIAGRAM SISTEM

Penjelasan fungsi dari masing-masing komponen pada gambar di atas:

- a. PV merupakan alat yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik, digunakan sebagai suplay tegangan.
- b. Baterai untuk menyimpan muatan listrik, dan ketika mesin

- mati berfungsi sebagai sumber energi.
- c. Charge control untuk melindungi dan melakukan otomatisasi pada pengisian baterai dan mengoptimalkan sistem agar masa pakai baterai dapat dimaksimalkan.
- d. Sensor arus dan tegangan berfungsi untuk mengambil data Arus dan Tegangan.
- e. Penstabil tegangan memungkinkan tegangan output menjadi lebih besar dari pada tegangan input berdasarkan frekuensi switching.
- f. LED berfungsi untuk memancarkan cahaya yang akan diterima oleh sensor intensitas cahaya untuk dilakukan pengambilan data.
- g. Sensor intensitas cahaya berfungsi untuk mengambil data intensitas cahaya dari LED yang melewati kaca.
- h. Kaca sebagai pembanding tingkat kekotoran dengan permukaan panel PV.
- i. Limit switch sebagai pembatas pada saat mengeluarkan kaca.
- j. RTC untuk menjaga atau menyimpan data waktu ketika alat di ON kan.
- k. SD card Alat yang berfungsi untuk media penyimpanan data digital.
- l. Driver digunakan untuk mengendalikan motor DC, baik kecepatan maupun arah rotasi.
- m. Motor digunakan sebagai alat untuk mengeluarkan kaca.
- n. Relay digunakan untuk mengendalikan dan mengalirkan listrik.
- o. Arduino sebagai pengontrol rangkaian elektronik.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada pembuatan alat ini dilakukan pengujian pada kordinat GPS (-7.9440148, 112.6143303), dengan posisi kaca mengarah ke atas. Waktu untuk pengambilan data dilakukan pukul 03.00 dan 21.00, pengambilan data dilakukan malam hari supaya tidak terganggu oleh cahaya luar.



GAMBAR 3.1 KONSTRUKSI ALAT

3.1 Pengujian Sensor Intensitas Cahaya

Sebelum melakukan pengambilan data, alat yang dikembangkan terlebih dahulu dilakukan pengujian. Hal ini diperlukan untuk memastikan hasil pengukuran atau pengambilan data yang dilakukan oleh alat akurat dan konsisten dengan instrumen lainnya. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 3.1.

TABEL 3.1 PENGUJIAN SENSOR INTENSITAS CAHAYA

S1	S2	S3	S4	Lux Meter
222.5	331.67	175.83	138.33	78.1
222.5	330.83	175.83	138.33	78.1
222.5	331.67	175.83	138.33	78.2
222.5	330.83	175.83	138.33	78.2
222.5	331.67	175.83	138.33	78.3
222.5	330.83	175.83	138.33	78.3
222.5	331.67	175.83	138.33	78.3
222.5	331.67	175.83	138.33	78.3
222.5	330.83	175.83	138.33	78.3
222.5	331.67	175.83	138.33	78.3
Standar Deviasi				
0	0.43	0	0	0.08

Berdasarkan data pada Tabel 3.1, terlihat standar deviasi memiliki nilai yang kecil yang menunjukkan konsistensi dari pengukuran.

3.2 Pengotoran Kaca



GAMBAR 3.2 PENGOTORAN KACA

Pengotoran kaca dilakukan untuk melihat pengaruh debu terhadap pembacaan dari sensor intensitas cahaya. Pengotoran kaca dilakukan dengan menggunakan debu halus seberat 1 gram ditaburkan pada permukaan kaca. Pada Tabel 3.2, merupakan data pengujian pengotoran kaca.

TABEL 3.2 HASIL PENGOTORAN KACA

g/0.155m ²	I(A)	V(V)	P(W)	S1	S2	S3	S4
1	0.24	12.73	3.0552	225.83	335.8	177.5	140
2	0.24	12.71	3.0504	221.67	325	175.83	135.83
3	0.24	12.69	3.0456	199.17	270.8	163.33	125.83
4	0.24	12.69	3.0456	198.33	270	134.17	111.67
5	0.24	12.69	3.0456	195.83	267.5	128.33	80.83
6	0.24	12.69	3.0456	195.83	267.5	124.17	70.83
7	0.24	12.69	3.0456	195	279.1	117.5	59.17
8	0.24	12.68	3.0432	85.83	212.5	128.33	57.5
9	0.24	12.68	3.0432	73.33	200	117.5	50.83
10	0.24	12.68	3.0432	69.17	198.3	116.67	46.67

Pada Tabel 3.2, hasil pembacaan dari sensor cahaya relatif menurun membuktikan bahwa ada pengaruh dari kekotoran yang terdapat pada permukaan kaca.

3.3 Pengotoran PV

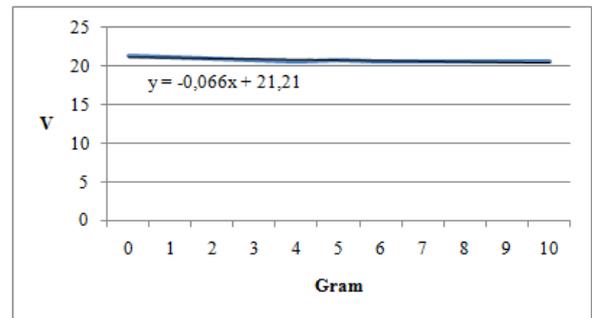


GAMBAR 3.3 PENGOTORAN PV

Pengotoran PV dilakukan untuk melihat pengaruh kekotoran pada pembangkitan daya panel surya.

3.4 Pengaruh Kekotoran Terhadap Tegangan

Gambar 3.4 merupakan tingkat kekotoran dan tegangan yang dihasilkan, pada debu 0 gram atau keadaan PV masih bersih didapat tegangan sebesar 21,4 Volt dan didapat nilai paling rendah ketika permukaan panel PV dalam keadaan terdapat debu seberat 10 gram atau keadaan PV kotor tegangan yang didapat sebesar 20,6 Volt.

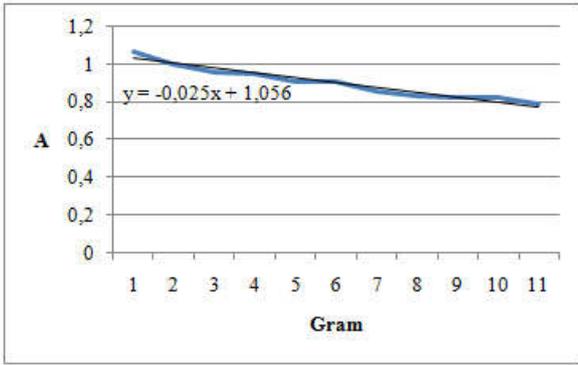


GAMBAR 3.4 PENGARUH KEKOTORAN TERHADAP TEGANGAN

Gambar 3.4 menunjukkan pola tingkat kekotoran berpengaruh terhadap tegangan yang dibangkitkan oleh PV, akan tetapi pengaruhnya tidak terlalu banyak atau lossesnya sedikit, karena perbandingan ketika permukaan bersih dan ketika permukaan kotor losses yang terjadi sebesar 0,8 Volt. Setelah dilakukan trendline pada grafik diketahui penurunan persentase tegangan tiap 1 gram/0,155m².

3.5 Pengaruh Kekotoran Terhadap Arus

Gambar 3.5 merupakan tingkat kekotoran dan Arus yang dihasilkan, didapat Arus maksimum sebesar 1,07 Ampere, pada permukaan bersih atau belum diberi debu permukaan masih dalam kondisi 0 gram debu dan didapat nilai paling rendah ketika permukaan panel PV dalam keadaan terdapat debu seberat 10 gram atau keadaan PV kotor, arus yang didapat sebesar 0,79 Ampere.

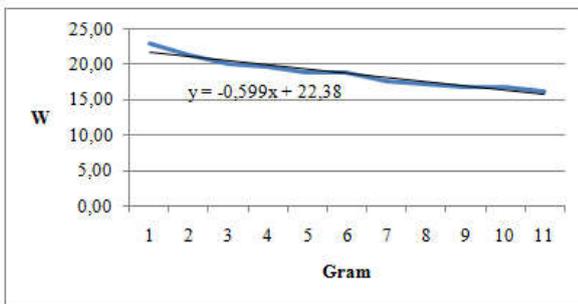


GAMBAR 3.5 PENGARUH KEKOTORAN TERHADAP ARUS

Gambar 3.5 menunjukkan pola tingkat kekotoran berpengaruh terhadap arus yang dibangkitkan oleh PV, karena dengan perbedaan permukaan bersih (0 gram) dan permukaan kotor atau yang sudah terdapat debu seberat 10 gram, losses arus yang terjadi sebesar 0,28 Ampere. Setelah dilakukan trendline pada grafik diketahui penurunan persentase Arus tiap 1 gram/0,155m².

3.6 Pengaruh Kekotoran Terhadap Daya

Gambar 3.6, tingkat kekotoran dan daya yang dibangkitkan, didapat daya maksimum sebesar 22,90 Watt, pada permukaan bersih atau belum diberi debu, dan didapat nilai paling rendah ketika permukaan panel PV dalam keadaan terdapat debu seberat 10 gram atau keadaan PV kotor, daya yang didapat sebesar 16,27 Watt.



GAMBAR 3.6 PENGARUH KEKOTORAN TERHADAP DAYA

Gambar 3.6, menunjukkan pola tingkat kekotoran berpengaruh terhadap daya yang dibangkitkan oleh PV, karena dengan perbedaan permukaan bersih (0 gram) dan permukaan kotor atau yang sudah terdapat debu seberat 10 gram, losses daya yang terjadi sebesar 6,63 Watt. Setelah dilakukan trendline pada grafik diketahui penurunan persentase Daya tiap 1 gram/0,155m².

3.7 Pengaruh Kekotoran Terhadap Suhu

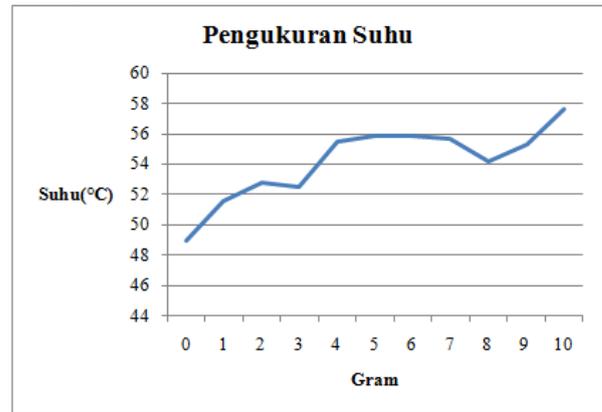
Tabel 3.3, permukaan PV dalam keadaan bersih suhu permukaan PV sebesar 49°C dan pada permukaan sudah terpapar debu sebesar 10 gram permukaan PV menjadi semakin panas menjadi 57,6°C sehingga kenaikan suhu setelah permukaan PV terpapar debu 10 gram sebesar 8,6°C.

TABEL 3.3 PENGARUH KEKOTORAN TERHADAP SUHU

Gram	Suhu(°C)	Iradiasi(W/m ²)
0	49	1105.8
1	51.6	1110.7

Gram	Suhu(°C)	Iradiasi(W/m ²)
2	52.8	1157
3	52.5	1182.6
4	55.5	1158.4
5	55.8	1205.6
6	55.8	1181.4
7	55.7	1162.9
8	54.2	1046.6
9	55.3	1132.9
10	57.6	1059.5

Gambar 3.7, merupakan pengaruh dari kekotoran terhadap suhu pada permukaan PV. Semakin banyak peningkatan kekotoran pada permukaan maka akan semakin tinggi suhu atau semakin panas juga permukaan PV.



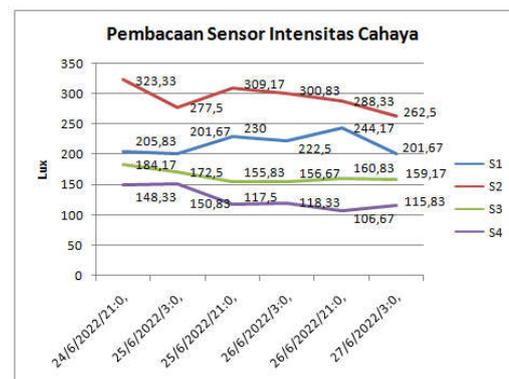
GAMBAR 3.7 PENGARUH KEKOTORAN TERHADAP DAYA

3.8 Data Intensitas Selama 3 Hari

Tabel 3.4, merupakan hasil pengujian yang dilakukan selama 3 hari. Sedangkan Gambar 3.8, hasil grafik yang didapatkan selama proses pengujian.

TABEL 3.4 DATA INSENSITAS CAHAYA SELAMA 3 HARI

Tgl/Waktu	S1	S2	S3	S4
24/6/2022/21:0	205.83	323.33	184.17	148.33
25/6/2022/3:0	201.67	277.5	172.5	150.83
25/6/2022/21:0	230	309.17	155.83	117.5
26/6/2022/3:0	222.5	300.83	156.67	118.33
26/6/2022/21:0	244.17	288.33	160.83	106.67
27/6/2022/3:0	201.67	262.5	159.17	115.83



GAMBAR 3.8 PEMBACAAN SENSOR INTENSITAS CAHAYA

Gambar 3.8, hasil pembacaan dari sensor cahaya naik turun, karena pada kondisi di lapangan terjadi beberapa kondisi, sehingga berpengaruh pada pengotoran kaca, di saat hujan, air yang menggenang pada permukaan kaca akan menyebabkan bayangan di beberapa bagian, apabila bagian air yang menggenang pada permukaan kaca lurus pada sensor, maka pembacaan sensor akan turun. Pembacaan sensor juga bisa naik turun karena pengaruh angin yang bisa menggeser posisi debu dari tempat sebelumnya.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian alat yang telah dilakukan dan hasil analisa, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengaruh daya keluaran dari PV terhadap peningkatan debu pada permukaan PV, yaitu membangkitkan daya sebesar 22,90 Watt pada kondisi bersih, dan ketika dilakukan pengotoran seberat 10 gram membangkitkan daya hanya sebesar 16,27 Watt. Dari data yang telah diambil terjadi losses sekitar 6,63 Watt, menunjukkan bahwa debu pada bagian permukaan PV sangat berpengaruh kepada daya yang dibangkitkan.
2. Pola peningkatan kekotoran tiap 1 gram/0,155m² debu yang ditambahkan pada permukaan kaca, menurun sebesar 0,59W dan 2,57% dari daya puncak.
3. Pada pengujian kekotoran PV menggunakan debu seberat 10 gram, tegangan yang dibangkitkan relatif stabil karena hanya terjadi losses sebesar 0,8 Volt, sedangkan pada arus yang dibangkitkan sebelum pengotoran dan sesudah pengotoran itu terjadi losses sebesar 0,28 Ampere.
4. Untuk mengetahui peningkatan debu selama 3 hari, metode yang digunakan adalah menggunakan kaca yang diletakkan diluar ruangan untuk mendapatkan debu, sebagai perbandingan dengan permukaan PV, kemudian kaca tersebut dimasukkan ke dalam alat pengambilan data menggunakan LED sebagai sumber cahaya pada permukaan kaca yang terdapat debu, sehingga semakin lama penambahan debu akan menutupi permukaan kaca, akan terbaca oleh sensor intensitas cahaya BH1750, dan pembacaan sensor intensitas cahaya BH1750 akan semakin menurun keesokan harinya karena cahaya dari led sudah mulai tertutup debu.

Daftar Pustaka

- [1] R. R. Al Hakim, "Model Energi Indonesia, Tinjauan Potensi Energy Terbarukan Untuk Ketahanan Energi Di Indonesia: Literatur Review," *ANDASIH Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 1, no. 1, 2020.
- [2] R. Duanaputri, I. Heryanto/Eryk, M. F. Sajidan, M. F. Hakim dan A. L. Wardani, "Sistem Monitoring Online Dan Analisis Performansi PIts Panel Surya Monocrystalline 100 Wp Berbasis Web," *Elposys*, vol. 10, no. 1, p. 1–6, 2023.
- [3] D. A. Panunggul, M. S. Boedoyo dan N. A. Sasongko, "ANALISA PEMANFAATAN ENERGI TERBARUKAN DI UNIVERSITAS PERTAHANAN SEBAGAI PENDUKUNG KEAMANAN PASOKAN ENERGI (STUDI KASUS: ENERGI SURYA DAN ANGIN)," *Jurnal Ketahanan Energi Universitas Pertahanan*, vol. 4, no. 2, p. 75–91, 2018.
- [4] T. Hasannuddin, S. Aiyub dan A. B. Pulungan, "Efisiensi Penggunaan Energi Listrik pada Sistem Interkoneksi 150 Kv Nanggroe Aceh Darussalam Menggunakan Distributed Generation," *JURNAL LITEK: Jurnal Listrik Telekomunikasi Elektronika*, vol. 14, no. 1, p. 13–17, 2017.
- [5] B. P. Asmara, "Tinjauan Pengukuran Keluaran Photovoltaic (Pv) Terhadap Pengaruh Kekotoran Debu Dan Beban," dalam *Seminar Nasional Teknologi, Sains Dan Humaniora*, 2021.
- [6] A. R. Rois, N. Gunawan dan B. Chayun, "Analisa Performansi dan Monitoring Solar Photovoltaic System (SPS) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Tuban Jawa Timur," *Jurnal Teknik Pomits*, p. 1–8, 2017.
- [7] A. Julisman, I. D. Sara dan R. H. Siregar, "Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Atas Stadion Bola," *KITEKTRO: Jurnal Online Teknik Elektro*, vol. 2, p. 35–42, 2017.
- [8] I. Kholiq, "Pemanfaatan Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan Untuk Mendukung Substitusi BBM," *Jurnal IPTEK*, vol. 19, no. 2, p. 75–91, 2015.
- [9] G. P. C. Handani, B. S. Gumilang dan A. Zuroida, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk Suplai Daya Sistem Pemberian Pakan Ikan Otomatis," *elposys*, vol. 9, no. 3, p. 183–187, 2022.
- [10] H. Kawamura, K. Naka, N. Yonekura, S. Yamanaka, H. Kawamura, H. Ohno dan K. Naito, "Simulation of I–V characteristics of a PV module with shaded PV cells," *Solar Energy Materials and Solar Cells*, vol. 75, no. (3–4), p. 613–621, 2003.
- [11] S. Khatoun, Ibraheem dan M. F. Jalil, "Analysis of solar photovoltaic array under partial shading conditions for different array configurations," dalam *2014 Innovative Applications of Computational Intelligence on Power, Energy and Controls with Their Impact on Humanity (CIPECH)*, 2014.
- [12] A. Rajagukguk, D. C. Riawan dan M. Ashari, "Optimization of photovoltaic farm under partial shading effects using artificial intelligent based matrix switch controller," dalam *2015 2nd International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE)*, 2015.
- [13] I. A. Setiawan, I. S. Kumara dan I. W. Sukerayasa, "Analisis Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Satu MWP Terinterkoneksi Jaringan di Kayubih, Bangli," *Teknologi Elektro*, vol. 13, no. 1, 2014.
- [14] F. Felycia, "SOLAR CELL TRACKING SYSTEM DENGAN LUX METER BERBASIS ARDUINO UNO R3," *PROSISKO: Jurnal Pengembangan Riset Dan Observasi Sistem Komputer*, vol. 7, no. 2, p. 132–140, 2020.
- [15] A. H. Santoso, M. Saputra dan F. N. R. Hamka, "PLTS sebagai Backup Supply pada Plant Hidroponik Nutrient Film Tehcnique (NFT) Berbasis IoT," *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, vol. 10, no. 1, p. 19–23, 2023.
- [16] A. Julisman, I. D. Sara dan R. H. Siregar, "Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Atas Stadion Bola," *KITEKTRO: Jurnal Online Teknik Elektro*, vol. 2, p. 35–42, 2017.