

# Kontrol Otomatis Pembersih Panel Surya Berbasis IoT Dengan Menggunakan Platform Thingspeak

Angga Renaldi<sup>1</sup>, Sitti Nurhaedah<sup>2</sup>, Muhammad Anshar<sup>3</sup>, Suryanto<sup>4</sup>

<sup>1234</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245 Indonesia  
anggarenaldi91@gmail.com<sup>1</sup>, sittinurhaedah17@gmail.com<sup>2</sup>

**Abstract:** Dust or dirt can cause a decrease in the efficiency of solar panels, so they need to be cleaned periodically. Solar panels can be cleaned manually or with a panel cleaning device. Some panel cleaning devices are still operated manually, so there is a need for a device that can operate automatically. The objective of this research is to design and create an automated solar panel cleaning device that can be monitored via the Thing speak platform through a mobile phone or computer. This allow for assessment of the improvement in solar panel efficiency before and after cleaning. The research begins with the design and creation of an automated solar panel cleaner controlled by an arduino and assisted by an RTC module. Solar panels are tested by applying different levels of dust, with data (voltage, current and temperature) being monitored on Thingspeak and recorded every 10 minutes. The device operates automatically in the late afternoon based on the stored data (data logger). The results of the research indicate that the solar panel cleaning device can operate automatically according to the predetermined schedule, and sensor readings can be monitored on Thing speak via mobile phone or computer. The use of this cleaning device increases the efficiency of dusty solar panels by 2,04% (dust level 1) and 2,61% (dust level 2). Therefore, this device can help maintain optimal solar panel performance by effectively cleaning the solar panels.

**Keyword:** Auto cleaner; IoT (Internet of Things); Thing speak (IoT platform); Arduino; RTC (Real Time Clock)

**Abstrak:** Debu atau kotoran akan menyebabkan penurunan efisiensi pada panel surya sehingga perlu dibersihkan secara berkala. Panel surya dibersihkan dapat dibersihkan secara manual atau dengan alat pembersih panel. Alat pembersih panel masih ada yang dioperasikan secara manual, sehingga diperlukan alat yang dapat beroperasi secara otomatis. Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membuat alat pembersih panel surya yang dapat beroperasi secara otomatis dan datanya dapat dimonitor di platform *Thingspeak* melalui handphone atau komputer sehingga peningkatan efisiensi panel surya sebelum dan setelah dibersihkan dapat diketahui. Penelitian dimulai dengan merancang dan membuat alat pembersih panel surya otomatis yang dikontrol oleh arduino dan dibantu oleh modul RTC. Panel surya diuji dengan cara memberikan tingkat debu yang berbeda dimana data (tegangan, arus dan temperatur) dapat dimonitor di *Thingspeak* yang tercatat setiap 10 menit. Alat akan beroperasi secara otomatis pada sore hari setelah data tersimpan (*data logger*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat pembersih panel surya dapat beroperasi secara otomatis sesuai waktu yang ditentukan dan pembacaan sensor dapat dimonitor di *Thingspeak* melalui handphone atau komputer. Penggunaan alat pembersih ini meningkatkan efisiensi panel surya yang berdebu sebesar 2,04% (debu level 1) dan 2,61% (debu level 2). Dengan demikian, alat ini dapat membantu mempertahankan kinerja optimal panel surya dengan membersihkan panel surya secara efektif.

**Kata kunci:** Pembersih otomatis; IoT (*Internet of Things*); *Thingspeak* (platform IoT); Arduino; Modul RTC (*Real Time Clock*)

## I. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Surya atau disingkat PLTS, sistem ini mampu mengubah energi matahari menjadi energi listrik, terdiri dari beberapa komponen berupa panel photovoltaic (PV), pengecasan baterai (SCC), inverter, Baterai dan aksesoris lainnya, besar daya yang dihasilkan oleh alat ini tergantung dengan kondisi dimana Pembangkit Listrik Tenaga Surya tersebut dipakai. Untuk meningkatkan kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya tersebut, maka panel harus selalu menerima cahaya matahari.

Salah satu unsur yang dapat mengganggu penyerapan energi adalah debu atau kotoran. Penelitian tentang *Effects of Natural Dust on the Performance of PV Panels in Bangladesh*, melakukan percobaan menggunakan dua buah modul. Modul pertama dibiarkan terkena debu dan modul kedua dibersihkan secara berkala. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan penurunan ISC pada modul PV yang kotor

sebesar 35%. Maka perlu dilakukan monitoring dari sisi kinerja dan kebersihan panel PV sehingga panel PV dapat bekerja dengan baik dan efisien [1].

Penelitian lain tentang alat pembersih panel juga telah banyak dilakukan yaitu dengan menggunakan data logger sensor suhu berbasis mikrokontroler ATmega 8535 [2], menggunakan aplikasi robot pembersih panel [3], menggunakan sistem gerak otomatis [4], dan menggunakan rolling brush dan wiper dengan metode terjadwal [5]. Tetapi penelitian-penelitian tersebut masih terkendala karena sebagian masih membutuhkan pengawasan dari manusia, serta belum adanya kendali jarak jauh.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka pada penelitian ini kami merancang alat pembersih panel PV berbasis *Internet of Things* (IoT) [6-9] menggunakan platform *ThingSpeak* dan bisa beroperasi secara otomatis berdasarkan waktu yang ditentukan dan tanpa harus menekan tombol lagi. Dengan demikian rancangan ini dapat meningkatkan efisiensi PV serta seorang operator tidak perlu lagi untuk menekan tombol untuk mengoperasikan alat pembersih tersebut.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Perancangan dan Pembuatan Alat pembersih Panel Surya

Sebelum melakukan pengujian, terlebih dahulu dilakukan perancangan dan pembuatan alat pembersih panel surya yang dapat beroperasi secara otomatis berdasarkan waktu. Perancangan dimulai dengan merancang perangkat lunak dan perangkat keras yang akan digunakan, dimana pada perangkat lunak meliputi script/coding untuk arduino uno dan nodeMCU ESP8266. Kemudian perangkat keras meliputi sensor-sensor yang digunakan serta komponen pembantu seperti panel kecil, baterai motor DC dan pompa DC. Setelah selesai melakukan perancangan, selanjutnya dilakukan pembuatan alat berdasarkan hasil rancangan.

### B. Pengujian Alat Pembersih Panel Surya

Setelah alat pembersih panel surya selesai dibuat, selanjutnya dilakukan pengujian. Pengujian dimulai dengan memberikan debu pada panel surya dengan level debu yang berbeda. Kemudian mencatat parameter-parameter yang dibutuhkan seperti intensitas matahari, hasil pembacaan sensor (sensor tegangan, sensor arus dan sensor suhu) yang dapat dimonitor langsung melalui LCD atau dimonitor dari jarak jauh pada *Thingspeak* melalui handphone atau komputer. Pengujian dilakukan selama 9 jam dimulai dari pukul 8 pagi sampai pukul 5 sore, dimana parameter dicatat setiap 10 menit. Alat akan beroperasi secara otomatis pada pukul 5 lewat 10 menit. Setelah panel dibersihkan, hari selanjutnya akan dilakukan pengujian yang sama pada kondisi panel surya sudah dibersihkan. Selanjutnya membandingkan efisiensi panel berdebu dengan panel bersih.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Alat Pembersih Panel Surya Otomatis

Pada sub bab ini, akan diperlihatkan hasil rancangan pada penelitian ini yang meliputi rancangan perangkat lunak dan perangkat keras.

#### 1. Hasil rancangan perangkat lunak

Pembuatan perangkat lunak terdiri dari 3 *script* program, yaitu 2 program untuk kontrol otomatis dan pembacaan sensor yang disimpan pada masing-masing arduino dan 1 program untuk pengiriman data pada NodeMCU ESP8266. Ketiga *script* tersebut di *upload* menggunakan *software* arduino IDE.

##### a. Program kontrol otomatis menggunakan fungsi waktu (*time sequence control*)

Pada *script* ini, program dibuat untuk mengontrol motor DC dan pompa DC secara otomatis berdasarkan fungsi waktu dimana arduino uno dibantu oleh modul RTC yang

berfungsi sebagai variabel waktu sehingga alat dapat beroperasi secara otomatis sesuai waktu yang ditentukan.

b. Program pembacaan sensor

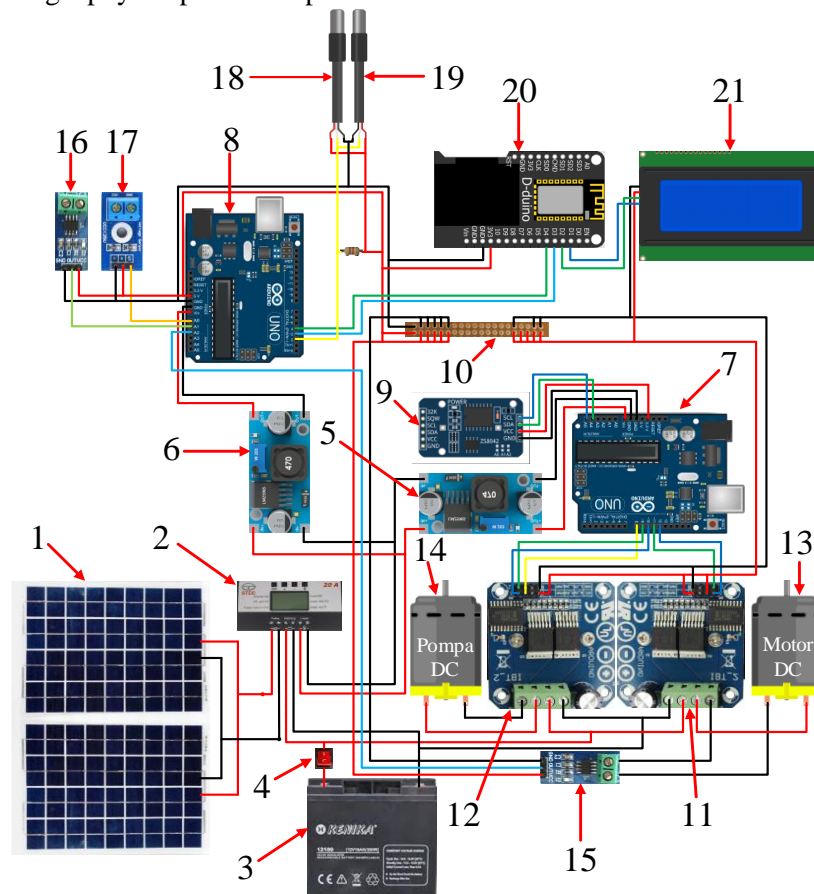
Untuk program pembacaan sensor berisikan *script* untuk membaca sinyal sensor-sensor (2 sensor temperatur, 2 sensor dan 1 sensor tegangan) yang digunakan dapat di monitoring. Sehingga setelah di *upload* ke perangkat keras arduino uno maka sinyal sensor ini dikirim ke NodeMCU.

c. Program NodeMCU ESP 8266

Pada program ini, berisikan *script* untuk menerima data pembacaan sensor dari arduino uno. Setelah itu, data yang diterima NodeMCU selanjutnya dapat ditampilkan pada LCD dan kemudian akan diteruskan ke server *Thingspeak*. NodeMCU berfungsi sebagai modul *wifi*, sehingga data dapat terkirim ke server *Thingspeak* selama ada koneksi internet.

2. Hasil rancangan perangkat keras

Setelah membuat program pada perangkat lunak, akan dirangkai perangkat keras sesuai dengan program yang telah dibuat. Selain itu, perangkat keras juga ditambahkan beberapa komponen untuk membantu sistem kontrol seperti panel suplay, baterai dan lain-lain. Untuk rangkaian lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Sistem kontrol dan monitoring alat pembersih panel

Keterangan:

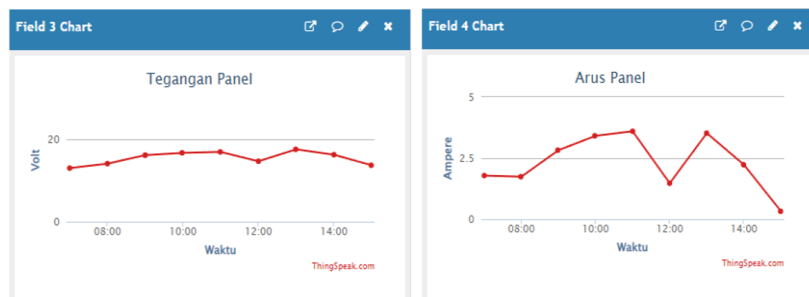
No.	Komponen	No.	Komponen	No.	Komponen
1	Panel Suplai	8	Arduino Uno 2	15	Sensor Arus 1
2	SCC	9	RTC	16	sensor Arus 2
3	Baterai	10	Papan PCB	17	Sensor Tegangan
4	Sakelar	11	Driver Motor DC	18	Sensor Suhu 1
5	Step Down Tegangan 1	12	Driver Pompa DC	19	Sensor Suhu 2
6	Step Down Tegangan 2	13	Motor DC	20	Modul <i>wifi</i>
7	Arduino Uno 1	14	Pompa DC	21	LCD

Pada Gambar 1, dapat dilihat bahwa perangkat keras sistem kontrol dan monitoring digunakan 2 Arduino karena kontrol motor dan pembacaan sensor tidak dapat ditangani oleh 1 arduino saja. Arduino pertama untuk mengontrol motor DC dan pompa DC serta RTC agar menggerakkan motor DC dan pompa DC sesuai waktu yang ditentukan. Adapun arduino kedua fungsinya untuk mengirim pembacaan sensor-sensor ke NodeMCU. Sensor yang digunakan terdiri dari 2 sensor suhu, 2 sensor arus dan 1 sensor tegangan. Hasil pembacaan sensor NodeMCU ESP8266 yang sebagai modul *wifi* dikirim ke server *Thingspeak*, sehingga sistem kontrol dan monitoring ini harus terhubung ke internet untuk pengiriman datanya. Untuk itu diperlukan fasilitas jaringan internet. Selain itu, monitoring pembacaan sensor dapat dipantau secara langsung melalui LCD, dimana LCD terhubung langsung dengan NodeMCU. Untuk melihat hasil pembacaan sensor pada LCD seperti pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Pembacaan sensor pada LCD

Selain pada LCD, pembacaan sensor juga dapat dimonitoring di handphone dan atau komputer dari jarak jauh. Sebagai contoh tampilan monitoring pembacaan sensor suhu, tegangan dan arus dapat dilihat pada gambar-gambar di bawah ini.



Gambar 3 Tampilan pembacaan sensor pada server *Thingspeak*

## B. Pengujian Efisiensi Panel

### 1. Hasil pengujian panel

Pada pengujian efisiensi panel, akan dicatat parameter-parameter yang dimonitoring pada web atau aplikasi *Thingspeak* yang kemudian dilakukan analisis untuk mendapatkan nilai efisiensi. Adapun pengujian panel dilakukan 2 kondisi yaitu panel berdebu dan panel bersih, dimana pada kondisi berdebu ada 2 level yang berbeda.

#### a. Panel berdebu level 1

Pada pengujian ini, panel diberikan debu dengan kapasitas yang cenderung kecil. Adapun tabel hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1 Tabel hasil pengujian panel berdebu level 1

NO	Waktu	Intensitas	Suhu Panel	Suhu Udara	Tegangan Panel	Arus Panel	Arus Motor
		(W/m <sup>2</sup> )	(°C)	(°C)	(Volt)	(Ampere)	(Ampere)
1	08.00	748,4	38,93	32,43	14,34	0,77	0
2	08.10	810,5	41,62	33,12	14,59	0,89	0
3	08.20	893,5	43,62	34	14,75	1,04	0
4	08.30	916,7	44,56	34,31	14,89	1,15	0
5	08.40	978,7	45,56	34,43	15,04	1,28	0
6	08.50	995,8	44,87	34,06	15,24	1,42	0
7	09.00	1014	47,12	34,5	15,43	1,56	0
8	09.10	1015	47,87	35	15,65	1,75	0
9	09.20	1022	49,25	36,18	15,7	1,89	0
10	09.30	1009	51,75	36,81	15,93	2,01	0
11	09.40	1017	50,81	36	16,02	2,16	0
12	09.50	1013	52,18	37,31	16,13	2,27	0
13	10.00	1018	53,25	37,12	16,38	2,39	0
14	10.10	1020	53,18	37,5	16,40	2,48	0
15	10.20	1025	55,18	37,62	16,49	2,59	0
16	10.30	1032	55,93	37,68	16,43	2,55	0
17	10.40	976,7	57,43	36,68	16,5	2,62	0
18	10.50	994,9	54,50	36,43	16,70	2,87	0
19	11.00	990,5	58,00	38,18	16,93	3,03	0
20	11.10	1010	55,93	37,87	16,56	2,77	0
21	11.20	1021	54,87	36,25	16,73	2,87	0
22	11.30	1026	53,25	38,18	16,75	2,89	0
23	11.40	1039	56,68	38,12	16,61	2,77	0
24	11.50	1032	52,93	35,68	16,64	2,78	0
25	12.00	1051	54,56	38,12	16,22	2,40	0
26	12.10	1053	55,62	37,75	15,91	2,12	0
27	12.20	1058	55,12	37,93	15,88	2,10	0
28	12.30	1047	51,75	37,18	15,46	1,72	0
29	12.40	1030	40,25	37,87	15,6	1,73	0

30	12.50	1012	46,62	36,56	15,89	2,05	0
31	13.00	1003	51,50	36,75	16,41	2,54	0
32	13.10	970,7	52,31	36,50	16,12	2,22	0
33	13.20	945,6	52,93	37,06	15,93	2,21	0
34	13.30	922,8	54,37	38,06	16,63	2,87	0
35	13.40	948,4	52,12	36,68	16,63	2,80	0
36	13.50	924,1	51,56	36,68	16,49	2,63	0
37	14.00	900,7	50,18	36,68	16,57	2,61	0
38	14.10	900,6	50,06	36,31	16,40	2,50	0
39	14.20	820,0	49,75	36,18	15,76	1,88	0
40	14.30	871,9	49,31	37,31	16,00	2,10	0
41	14.40	787,2	51,18	37,12	14,89	1,68	0
42	14.50	752,0	51,06	37,81	14,81	1,42	0
43	15.00	725,2	49,68	37,06	14,17	1,21	0
44	15.10	642,4	48,12	35,81	13,87	0,95	0
45	15.20	663,9	46,62	35,75	14,18	0,74	0
46	15.30	597,3	46,93	36,62	13,94	0,68	0
47	15.40	561,0	44,87	35,12	13,86	0,58	0
48	15.50	545,3	44,93	35,06	13,74	0,51	0
49	16.00	525,1	43,25	34,62	13,73	0,42	0
50	16.10	512,1	43,12	35,12	13,64	0,36	0
51	16.20	500,5	41,93	34,56	13,40	0,27	0
52	16.30	424,8	41,18	34,81	13,37	0,19	0
53	16.40	356,4	41,18	34,68	13,44	0,14	0
54	16.50	338,5	39,81	35,12	13,18	0,13	0
55	17.00	303,8	38,00	33,25	13,16	0,11	0
56	17.10						2,99

b. Pengujian panel bersih

Pada pengujian ini, panel telah dibersihkan oleh alat pembersih panel surya pada hari sebelumnya. Adapun tabel hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2 Tabel hasil pengujian panel bersih

NO	Waktu	Intensitas	Suhu Panel	Suhu Udara	Tegangan Panel	Arus Panel	Arus Motor
		(W/m <sup>2</sup> )	(°C)	(°C)	(Volt)	(Ampere)	(Ampere)
1	08.00	592,1	37,12	30,18	16,18	3,61	0
2	08.10	596,8	38,56	31,18	16,45	4,13	0
3	08.20	619,2	40,18	32,43	16,62	4,32	0
4	08.30	627,6	40,68	32,18	15,97	3,29	0
5	08.40	638,7	40,81	32,06	16,14	3,38	0
6	08.50	681,1	41,37	33,50	16,29	3,38	0
7	09.00	250,9	42,50	34,25	14,70	1,30	0
8	09.10	320,2	45,62	34,56	14,79	1,59	0
9	09.20	349,9	43,68	34,43	14,80	1,78	0
10	09.30	406,8	43,62	35,43	13,99	2,18	0
11	09.40	387,4	42,62	34,81	13,29	2,19	0
12	09.50	369,0	45,43	36,56	14,64	1,86	0
13	10.00	901,3	51,93	36,93	16,64	4,60	0
14	10.10	938,4	54,62	37,31	16,77	4,49	0
15	10.20	941,7	55,87	37,25	16,88	4,47	0
16	10.30	947,2	48,87	34,75	16,94	4,38	0
17	10.40	1010	49,62	35,43	17,02	4,52	0
18	10.50	1026	52,93	36,75	16,87	4,52	0
19	11.00	1041	51,37	35,87	17,06	4,65	0
20	11.10	1046	52,93	37,06	17,00	4,58	0
21	11.20	1050	51,87	36,37	16,97	4,62	0
22	11.30	1086	55,18	37,37	17,06	4,59	0
23	11.40	1022	55,56	38,50	16,87	4,53	0
24	11.50	826,5	50,06	36,37	16,10	3,96	0
25	12.00	476,3	40,00	34,62	14,46	2,49	0
26	12.10	325,7	47,37	36,37	13,14	1,59	0
27	12.20	320,9	47,81	36,81	12,75	1,49	0
28	12.30	478,3	39,31	36,12	13,84	2,16	0
29	12.40	947,6	43,75	36,68	15,78	3,49	0

30	12.50	1031	45,25	36,00	17,02	4,52	0
31	13.00	1028	45,75	35,68	17,16	4,53	0
32	13.10	1021	44,43	35,37	17,34	4,50	0
33	13.20	1028	46,12	35,75	17,30	4,36	0
34	13.30	975,1	48,50	36,87	17,19	3,98	0
35	13.40	951,7	46,43	35,62	17,21	3,91	0
36	13.50	924,1	48,06	37,06	16,75	3,56	0
37	14.00	1008	47,12	36,50	16,38	3,29	0
38	14.10	860,9	45,81	36,18	15,71	2,72	0
39	14.20	858,3	45,93	36,06	15,46	2,36	0
40	14.30	693,2	46,06	36,37	14,79	1,94	0
41	14.40	684,6	42,43	34,43	14,48	1,75	0
42	14.50	668,3	45,25	36,12	14,20	1,65	0
43	15.00	386,7	45,93	36,25	12,89	0,81	0
44	15.10	321,6	44,12	35,12	12,43	0,65	0
45	15.20	309,7	42,62	34,81	12,04	0,55	0
46	15.30	600,4	41,93	34,62	11,95	0,54	0
47	15.40	537,3	42,43	35,37	11,87	0,56	0
48	15.50	413,7	41,18	34,75	11,79	0,55	0
49	16.00	416,8	41,43	34,81	11,69	0,54	0
50	16.10	447,1	40,56	33,81	11,96	0,58	0
51	16.20	459,3	39,75	33,68	11,98	0,54	0
52	16.30	456,5	39,37	33,50	12,00	0,61	0
53	16.40	206,7	38,50	33,31	12,01	0,12	0
54	16.50	178,5	37,37	33,00	12,03	0,12	0
55	17.00	154,3	35,68	32,56	12,02	0,11	0
56	17.10						0

2. Pembahasan efisiensi panel

Setelah melakukan pengujian panel, selanjutnya akan dilakukan analisis efisiensi untuk masing-masing kondisi panel.

a. Daya input panel

Daya input panel didapatkan dari nilai intensitas matahari dikali dengan luas panel (luas panel = 1,309 m<sup>2</sup>). Sebagai contoh perhitungan pada tabel 1 data nomor 1 didapatkan:

- Intensitas = 748,4 W/m<sup>2</sup>

Dari data tersebut dapat dihitung daya input panel

Intensitas x luas panel

$$748,4 \text{ W/m}^2 \times 1,309 \text{ m}^2 = 1032,94 \text{ W}$$

b. Daya output panel

Daya output panel didapatkan dari nilai tegangan dikali dengan arus. Sebagai contoh perhitungan pada tabel 1 data nomor 1 didapatkan:

- Tegangan = 14,34 V
- Arus = 0,77 A

Dari data tersebut dapat dihitung daya output panel



Tegangan x arus  
 $14,34 \text{ V} \times 0,77 \text{ A} = 11,04 \text{ W}$

c. Efisiensi panel

Efisiensi panel didapatkan dari hasil pembagian daya output dengan daya input dikali 100%. Sebagai contoh perhitungan diambil data pada perhitungan sebelumnya:

Daya input = 1032,94 W

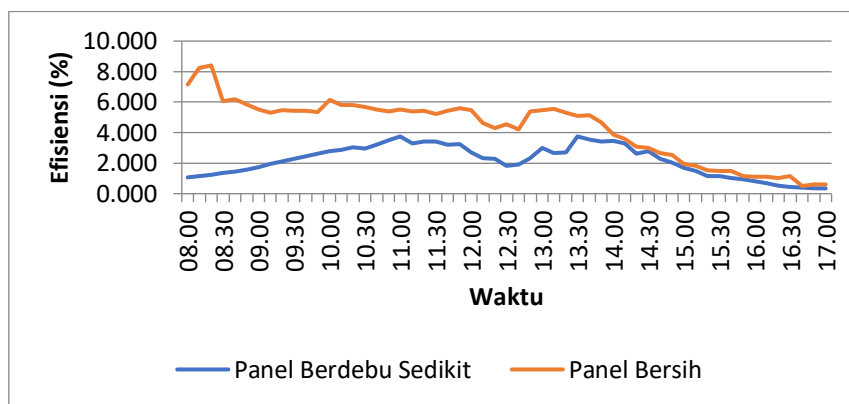
Daya output = 11,04 W

Dari data tersebut didapatkan nilai efisiensi

$11,04 \text{ W} : 1032,94 \text{ W} \times 100\% = 1,069 \%$

3. Grafik perbandingan efisiensi panel berdebu dengan panel bersih

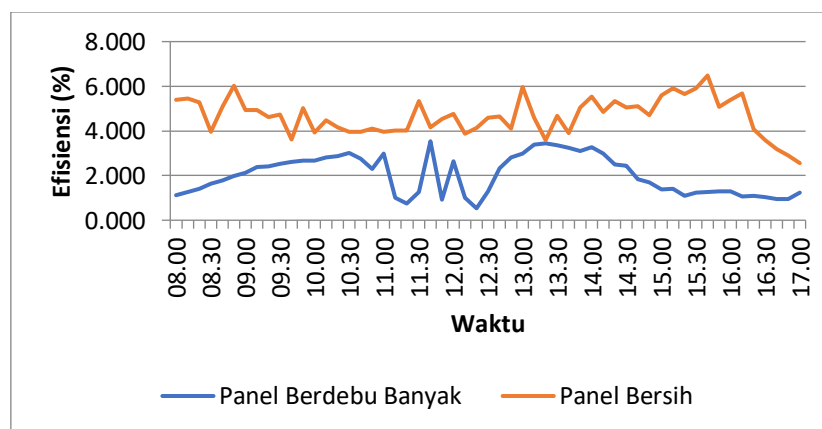
Setelah melakukan analisis efisiensi pada masing-masing kondisi panel, dapat dibuatkan grafik perbandingan. Untuk grafik perbandingan dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 4 Grafik perbandingan efisiensi panel berdebu level 1 dengan panel bersih

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat bahwa efisiensi panel bersih lebih tinggi dibandingkan dengan efisiensi panel berdebu level 1, dimana nilai efisiensi rata-rata panel bersih adalah 4,28%, sedangkan nilai efisiensi rata-rata panel berdebu level 1 adalah 2,17%. Disini terdapat perbedaan efisiensi sekitar 2,11%, hal ini disebabkan oleh debu yang dapat menurunkan efisiensi debu.

Pada grafik tersebut juga dapat dilihat efek dari alat pembersih panel yang dapat meningkatkan efisiensi panel surya sekitar 2,11%



Gambar 5 Grafik perbandingan efisiensi panel berdebu level 2 dengan panel bersih

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat bahwa efisiensi panel bersih lebih tinggi dibandingkan dengan efisiensi panel berdebu level 2, dimana nilai efisiensi rata-rata panel bersih adalah 4,65%, sedangkan nilai efisiensi rata-rata panel berdebu level 2 adalah 2,04%. Disini terdapat perbedaan efisiensi sekitar 2,61%, hal ini disebabkan oleh debu yang dapat menurunkan efisiensi debu.

Pada grafik tersebut juga dapat dilihat efek dari alat pembersih panel yang dapat meningkatkan efisiensi panel surya sekitar 2,61%

#### IV. KESIMPULAN

1. Setelah melakukan perancangan dan pembuatan alat pembersih panel surya yang dapat dikontrol secara otomatis, alat dapat beroperasi secara otomatis berdasarkan waktu yang telah ditentukan serta pembacaan sensor dapat dimonitoring melalui PC dan HP selama ada koneksi internet dan disimpan data operasionalnya (data logger).
2. Dengan menggunakan sistem pembersih panel otomatis ini, kotoran (debu) yang menempel pada PV dapat dibersihkan dengan baik dimana efeknya dapat mempertahankan efisiensi optimal PV. Sebagai gambaran untuk panel berdebu level 1 mengalami peningkatan efisiensi sebesar 2,11%, sedangkan panel berdebu level 2 mengalami peningkatan efisiensi sebesar 2,61%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rahman, Md Mizanur, et al. "Effects of natural dust on the performance of PV panels in Bangladesh." *International Journal of Modern Education and Computer Science* 4.10 (2012): 26â.
- [2] N. L. Marpaung dan E. Ervianto, "Data Logger Sensor Suhu Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535 dengan PC sebagai Tampilan," *Jurnal Ilmiah Elite Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 37-42, 2012.
- [3] O. Akyazi, E. Sahin, T. Ozsoy dan M. Algul, "A Solar Panel Cleaning Robot Design and Application," *European Journal of Science and Technology*, pp. 343-348, 2019.
- [4] J. Purba, A. S. Uyun, D. Sugiyanto dan M. I. Ramadhan, "Perancangan Prototipe Alat Pembersih Panel Surya Dengan Sistem Gerak Otomasi," *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, vol. 7, no. 1, pp. 1-8, 2020.
- [5] O. A. Sari, T. Pangaribowo dan M. H. I. Hajar, "Sistem Kendali Pembersih Panel Surya Menggunakan Rolling Brush Dan Wiper Dengan Metode Terjadwal," *Jurnal Ilmu Teknik dan Komputer*, vol. 6, no. 2, pp. 102-109, 2022.
- [6] R. Kumar, P. S. Ramaprabha, S. R. Kishore dan S. Jayanthi, "Automatic Solar Panel Cleaner Robot Using Iot," *Journal of Physics: Conference Series*, pp. 1-5, 2020.
- [7] Y. M. Al-Malki, "IOT Based Automatic Solar Panel Cleaner," *International Journal of Innovative Technology and Creative Engineering*, vol. 11, no. 5, pp. 968-971, 2021.
- [8] F. D. A. Wicaksono, S. Ariyani, R. Nurwahyudin dan F. A. Ajie, "Design of Wiper Cleaner Prototype based on IoT for Solar Panels with Rooftop Installation," *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol. 10, no. 3, pp. 173-178, 2021.
- [9] T. O. Priyono dan G. Prasetyo, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Berbasis IOT Pada Panel Surya 20 WP Menggunakan Arduino Mega 2560," *Jurnal Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 156-165, 2022.