

## Perancangan Alat Pembersih Panel Surya Berbasis *Internet of Things*

Haris Isyanto, Muhammad Azra Komara Batubara, Deni Almanda

Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jakarta  
Jalan Cempaka Putih Tengan 27 Jakarta Indonesia  
e-mail haris.isyanto@ftumj.ac.id

### ABSTRAK

*Factor yang mempengaruhi penurunan kinerja panel surya berupa debu, pasir-pasir, kotoran dan lainnya. Partikel yang menempel pada panel surya diakibatkan pada pergerakan angin yang dapat mengenai permukaan panel surya. apabila partikel menempel luas permukaan maka intensitas matahari yang masuk akan terhalangi oleh partikel. Sehingga akan mengurangi daya yang dihasilkan. Dalam penelitian ini merancang alat pembersih panel surya untuk mengukur kinerja panel surya berupa tegangan, arus, daya berbasis internet of things. Pengujian yang dilakukan berupa pengujian kinerja selisih sebelum, dan sesudah dibersihkan. Persentase error dan keberhasilan pengukuran pada tegangan, arus, dan daya panel surya. hasil didapatkan bahwa tegangan sebelum pembersihan sebesar 12,11 V, arus 0,45 A, 5,5 Watt. Kemudian setelah dilakukan pembersihan didapatkan nilai tegangan sebesar 12,87 V, arus 1,76 A, dan daya 22,65 Watt. Selanjutnya persentase error pengukuran didapatkan rata-rata tegangan sebesar 0.80%, arus 3.14%, dan daya 3.92%. sedangkan persentase keberhasilan pengukuran didapatkan rata-rata tegangan 99.20%, arus 96.86%, daya 96.08%.*

**Kata kunci :** *internet of things*, panel surya, persentase error, persentase keberhasilan

### ABSTRACT

*Factors that affect the performance of solar panels from dust, sand, dirt, and others. Particles attached to the solar panel are caused by the movement of the wind that can hit the surface of the solar panel. If the particles stick to the surface area, the intensity of the incoming sun will be blocked by the particles. This will reduce the power generated. This study, designing a solar panel cleaning tool to measure the performance of solar panels in the form of voltage, current, and power based on the internet of things. Tests were carried out in the form of performance testing the difference before, and after cleaning. Percentage of error and success of measurements on voltage, current, and solar panel power. The results showed that the voltage before cleaning was 12.11 V, current 0.45 A, 5.5 Watt. Then after cleaning, the voltage value is 12.87 V, the current is 1.76 A, and the power is 22.65 Watt. Furthermore, the percentage of measurement error obtained an average voltage of 0.80%, current of 3.14%, and power of 3.92%. while the percentage of successful measurements obtained an average voltage of 99.20%, current 96.86%, and power 96.08%.*

**Keywords:** *internet of things*, solar panels, error percentage, success percentage

## 1 PENDAHULUAN

Energi matahari sumber energi yang melimpah di negara Indonesia dengan menghasilkan rata-rata intensitas matahari sebesar 4.8 kWh/m<sup>2</sup> per hari. Sehingga dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik tenaga surya untuk menghasilkan listrik dari pemanfaatan energi matahari tersebut. Semakin nilai intensitas matahari yang didapatkan besar maka akan menghasilkan energi listrik yang lebih besar. Panel surya merupakan sumber energi listrik alternatif untuk dapat digunakan masyarakat seperti penerangan jalan umum, rumah [1]–[3].

Panel surya merupakan komponen yang dapat merubah energi matahari menjadi energi listrik. Dimana cara kerja panel surya berupa suara kumpulan sel surya untuk menyerap sinar matahari. Komponen sel surya terdiri dari photovoltaic untuk berfungsi mengubah sinar cahaya menjadi listrik.

Kumpulan komponen sel surya terdapat lapisan silicon yang mempunyai sifat semikonduktor, anti reflektif, dan strik konduktor metal [1], [4], [5].

Factor yang mempengaruhi penurunan kinerja panel surya berupa debu, pasir-pasir, kotoran dan lainnya [6]–[12]. Partikel yang menempel pada panel surya diakibatkan pada pergerakan angin yang dapat mengenai permukaan panel surya. apabila partikel menempel luas permukaan maka intensitas matahari yang masuk akan terhalangi oleh partikel. Sehingga akan mengurangi daya yang dihasilkan, dan menurunkan efisiensi panel surya.

Untuk mengurangi penurunan kinerja panel surya, maka dilakukan pembersihan pada luas permukaan sehingga intensitas matahari yang masuk dapat menghasilkan daya dengan jumlah besar, dan efisiensi yang didapatkan tidak mengalami penurunan secara signifikan oleh partikel tersebut [10]–[13].

Dalam penelitian ini memilih metode untuk pembersihan panel surya otomatis berbasis internet of things. Dimana mempunyai keunggulan untuk memonitoring kinerja panel surya terhadap partikel yang masuk kedalam luas permukaan. Selanjutnya apabila terdapat partikel maka sistem akan melakukan pembersihan secara otomatis, serta pembersihan manual berbasis smartphone android. Sistem tersebut akan mengirimkan informasi berupa notifikasi sehingga pengguna dapat mengetahui informasi pembersihan panel surya.

Internet of things (IOT) merupakan konsep untuk memperluas perangkat yang terhubung dengan konektivitas jaringan internet untuk dapat mengontrol dan memonitoring perangkat dalam jarak jauh [2], [5],[13]–[16]. Dalam penelitian ini untuk memonitoring parameter kinerja panel surya dan mengontrol pembersihan panel surya berbasis smartphone. Dimana proses monitoring untuk melihat penurunan terhadap partikel yang masuk kedalam luas permukaan. Sehingga apabila terdapat partikel maka akan membersihkan secara otomatis. Proses control yakni sistem dapat mengontrol untuk membersihkan secara manual menggunakan aplikasi smartphone.

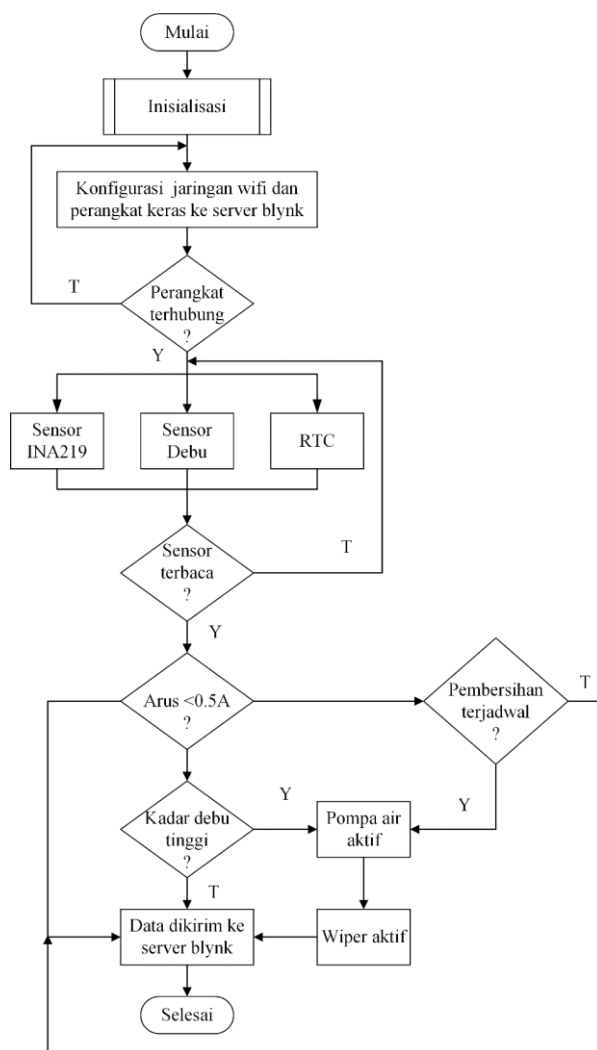
Penelitian ini mengusulkan perancangan alat sistem pembersih panel surya berbasis internet of things. rancangan sistem berupa pembersihan secara otomatis maupun secara terjadwal sehingga panel surya dapat dibersihkan secara maksimal. Hasil yang diharapkan mampu meningkatkan kinerja panel surya yang tidak mengalami penurunan secara signifikan oleh partikel debu.

## 2 METODOLOGI

Pada flowchart sistem perancangan alat untuk monitoring pembersih panel surya berbasis internet of things yang bertujuan untuk membersihkan panel surya menggunakan wiper. Pada perancangan sistem dihubungkan antara komponen perangkat keras seperti sensor dan mikrokontroller nodeMCU ESP8266 ke jaringan internet. Ketika perangkat terhubung maka sensor utama untuk pembersihan panel surya otomatis berupa sensor INA219 sebagai monitoring kinerja panel surya polycrystalline, sensor debu untuk mendeteksi kadar debu, dan komponen RTC berfungsi sebagai pembersih panel surya secara terjadwal.

Sistem wiper bekerja apabila sensor arus menurun kurang dari 0.5A, kemudian ketika arus menurun maka sensor debu akan mendeteksi jumlah kadar debu dengan jumlah yang sangat besar maka akan mengaktifkan pompa untuk menyemprotkan luas permukaan panel surya dengan media air secara otomatis. Selanjutnya wiper akan bekerja apabila

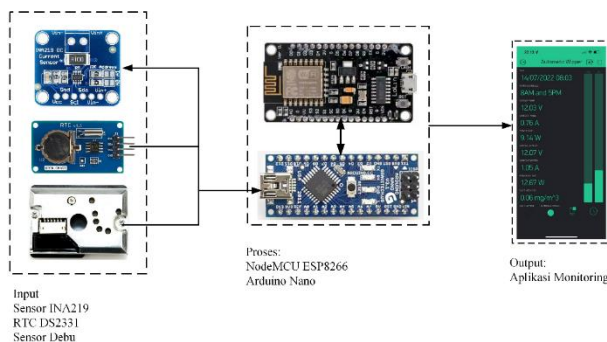
sudah dijadwalkan untuk pembersihan panel surya polycrystalline. Ketika sudah terjadwalkan pada waktu pagi dan sore, maka akan mengaktifkan pompa dan wiper untuk membersihkan panel surya untuk menjaga kinerja secara maksimal. Sistem tidak hanya monitoring tetapi akan mengirimkan notifikasi berupa popup untuk memberitahu sistem wiper otomatis menyala dan wiper terjadwal melalui smartphone.



Gambar 1. Flowchart system.

Selanjutnya pada pada blok diagram sistem rancangan panel surya pada input yakni berupa komponen sensor INA219 yang berfungsi untuk monitoring kinerja panel surya berupa tegangan, arus, daya. Selanjutnya komponen sensor debu untuk mendeteksi kadar debu untuk dapat membersihkan panel surya secara otomatis, dan komponen RTC untuk membersihkan panel surya secara terjadwal/ Sehingga hasil yang didapatkan untuk membandingkan error pada pengukuran manual dengan pengukuran pada sensor, deteksi kadar jumlah

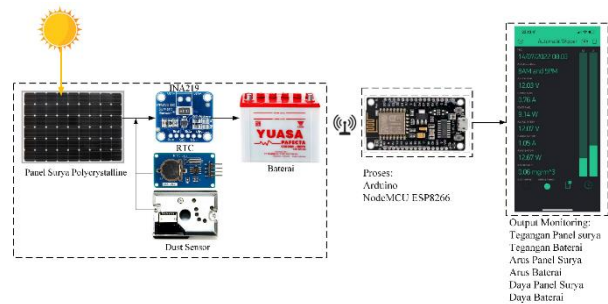
debu, lama waktu wiper bekerja, selisih tegangan sebelum dan sesudah dibersihkan menggunakan aplikasi blynk yang terkoneksi dengan internet, sedangkan pada tahapan proses semua data sensor yang terdeteksi dikirim pada mikrokontroller arduino untuk diterima. Selanjutnya data yang didapatkan melalui pengukuran sensor pada sistem pembersih panel surya dikirim melalui NodeMCU ESP8266. Komponen NodeMCU ESP8266 harus terkoneksi dengan internet sehingga data yang didapatkan dapat dilihat melalui aplikasi server blynk untuk dapat monitoring maupun mengontrol pembersih panel surya, dan pada tahapan output tahapan untuk monitoring kinerja panel surya berupa tegangan, arus, daya, kadar debu sebagai deteksi pembersih panel surya otomatis, pembersihan panel surya secara terjadwal melalui server aplikasi blynk. Selanjutnya mengetahui status indikator, dan notifikasi popup wiper pada aplikasi untuk membersihkan luas area permukaan panel surya. Berikut blok diagram sistem dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Blok diagram sistem

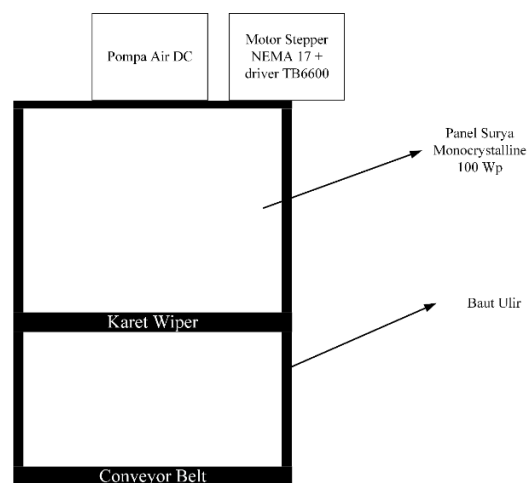
Selanjutnya cara kerja sistem panel surya bertujuan untuk membersihkan luas area permukaan panel surya menggunakan wiper. Luas panel surya sebesar 1040x660 cm Dimana luas tersebut digunakan menggerakkan wiper motor stepper untuk dapat membersihkan panel surya. Pembangkit listrik tenaga listrik berupa sistem of-grid dimana panel surya untuk mengisi baterai, selanjutnya sistem bekerja apabila sensor mendeteksi parameter seperti tegangan, arus, dan daya pada panel surya maupun baterai menggunakan sensor INA219. Selanjutnya pengukuran yang dilakukan pada pencahayaan sinar matahari. Data yang didapatkan sensor dikirimkan melalui NodeMCU dimana untuk mengirimkan melalui jaringan internet. Pembersih panel surya bekerja apabila sensor debu mendeteksi jumlah kadar partikel kedalam panel surya. partikel tersebut nantinya akan mengakibatkan penurunan pada parameter tegangan, arus, dan daya panel surya. sistem akan melakukan pembersihan apabila arus

yang didapatkan pada panel surya sebesar  $\leq 0.5A$  hal ini penurunan arus diakibatkan oleh jumlah kadar debu yang dihasilkan. Sehingga sistem akan melakukan pembersihan permukaan panel surya dengan luas sebesar 1040x660cm. selanjutnya sistem monitoring bekerja apabila terhubung dengan internet antara mikrokontroller dengan aplikasi blynk yang dapat dimonitoring melalaui jarak jauh. berikut sistem pembersih panel surya dapat dilihat pada gambar 3.



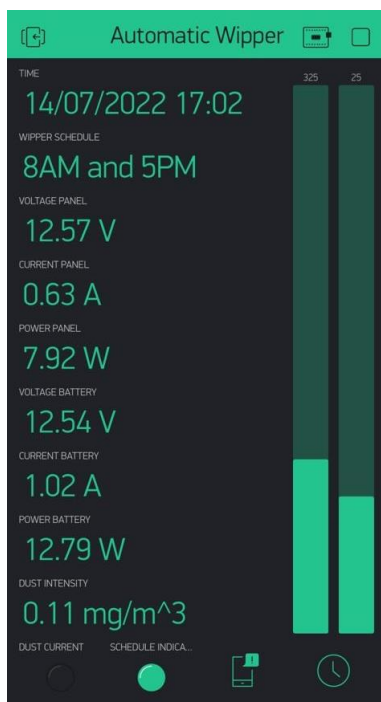
Gambar 3. Cara kerja pembersih panel berbasis IOT

Pada tahapan desain wiper pembersih panel surya. dimana wiper akan bekerja apabila tidak mendeteksi sebuah cahaya dan tidak mendeteksi arus pada saat charge terhadap baterai. Wiper akan mengaktifkan motor nema untuk memutarakan baut ulir sehingga menggerakkan sebuah karet wiper untuk dapat membersihkan luas permukaan panel surya. selanjutnya pada saat membersihkan akan mengaktifkan pompa untuk mengalirkan air kedalam luas permukaan panel surya. sehingga panel surya dapat membersihkan secara keseluruhan berikut desain wiper pembersih panel surya dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Desain wiper pembersih panel surya

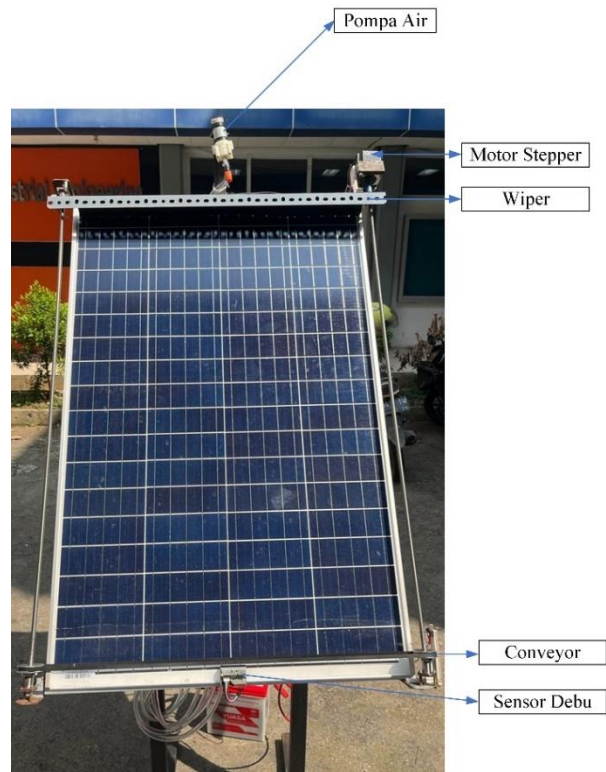
Selanjutnya Pada penulisan ini rancangan aplikasi sistem pembersih panel surya untuk monitoring kinerja panel surya, dan baterai. Dimana monitoring yang dilakukan berupa parameter tegangan, arus, dan daya. Selanjutnya sistem monitoring status wiper indicator untuk dapat membersihkan luas area permukaan panel surya, serta status baterai. Kemudian monitoring yang dirancang secara realtime dengan memasukan histori waktu pada dashboard aplikasi blynk. pada perancangan sistem akan memberikan informasi berupa notifikasi popup untuk pembersihan panel surya terjadwal, serta debu yang menutupi luas permukaan sehingga dapat menurunkan tegangan, dan arus panel surya. berikut rancangan aplikasi dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Rancangan aplikasi pembersih panel surya

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian ini bertujuan untuk mengambil data yang mempengaruhi wiper akan membersihkan luas permukaan panel surya. Dimana pengukuran dilakukan berupa pengujian tegangan, arus pada saat panel surya belum dibersihkan maupun dibersihkan. Selanjutnya pengukuran berupa sensor RTC untuk melakukan penjadwalan pembersihan panel surya, pengujian debu yang dihasilkan pada luas permukaan area panel surya, dan pengujian lama waktu sistem wiper untuk mengukur waktu pada saat pembersihan. Berikut pengujian pembersihan panel surya dapat dilihat 6.



Gambar 6. Pengujian pembersihan panel surya

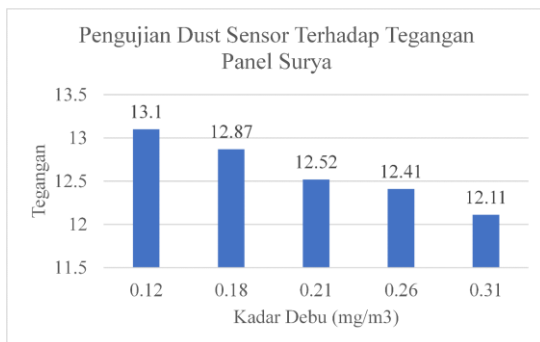
Gambar 6. pengujian terdiri dari sensor debu yang berfungsi untuk pendeteksian kadar debu yang nantinya akan mempengaruhi kinerja panel surya berupa tegangan, dan arus yang masuk kedalam panel surya. Ketika arus mendeteksi 0.5 A maka wiper akan menggerakkan yang disertai dengan penyemprotan air pada komponen pompa air untuk membersihkan luas area permukaan panel surya. selanjutnya wiper akan dibersihkan secara terjadwal yakni pada pukul 7 pagi dan jam 5 sore. Dimana Ketika waktu yang ditentukan maka akan mengaktifkan wiper untuk membersihkan luas area permukaan panel surya. Apabila sistem wiper aktif maka akan menampilkan indicator wiper sedang bekerja.

Selanjutnya pengujian dilakukan dengan menaruh pasir debu sehingga komponen dapat membaca pada sensor debu. Selanjutnya debu yang ditempatkan kedalam luas permukaan panel surya dapat menurunkan tegangan, dan arus sampai pada range  $\leq 0.5$  A. ketika sudah masuk kedalam range maka wiper aktif untuk dapat membersihkan panel surya sebesar 1040x660 cm dengan menggerakkan conveyor dan menyemprotkan air pada pompa ke penampang panel surya. Kemudian Ketika wiper aktif. Kemudian pada saat pembersihan sensor debu dibersihkan secara manual sehingga kinerja panel surya dapat bekerja secara maksimal. Data yang diambil berupa kadar debu, arus terkena debu, dan selisih arus debu dengan arus yang sudah dibersihkan.

Tabel 1. Data pengujian sistem wiper

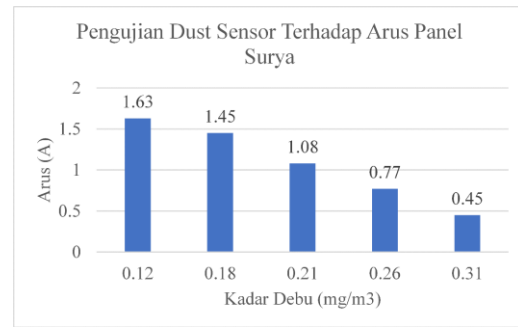
Percobaan	Kadar debu (mg/mm3)	Tegangan (V)	Arus (A)	Status Wiper
1	0.12	13.1	1.63	Off
2	0.18	12.87	1.45	Off
3	0.21	12.52	1.08	Off
4	0.26	12.41	0.77	Off
5	0.31	12.11	0.45	On

Tabel 1. menunjukkan pada pengujian wiper dilakukan 5 percobaan dimana diujikan untuk mengetahui batas range arus untuk mengaktifkan sebuah wiper. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa semakin banyaknya kadar debu yang masuk kedalam panel surya dengan pengujian komponen pasir maka akan menurunkan tegangan sebesar 12.11 V, arus 0.45 A. Ketika arus  $\leq 0.5$  A maka akan mengaktifkan wiper. Dalam hal ini Ketika kadar debu 0.31 maka akan mengaktifkan sebuah wiper untuk membersihkan luas permukaan panel surya. selanjutnya hasil grafik pengujian wiper dapat dilihat pada gambar 7.



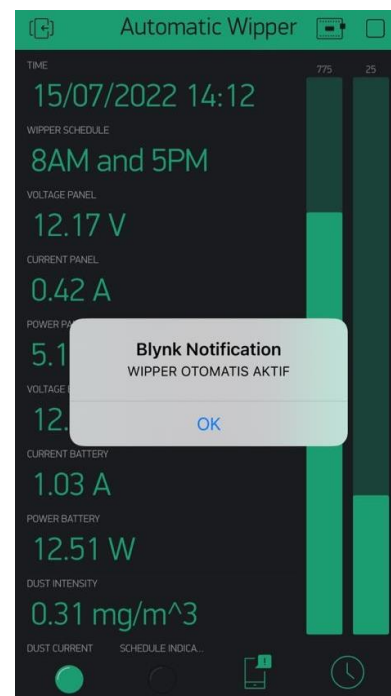
Gambar 7. Grafik kadar debu terhadap tegangan

Gambar 7. menunjukkan bahwa pada pengujian sensor debu (dust) terhadap tegangan panel surya didapatkan semakin jumlah kadar debu yang dihasilkan besar maka akan menurunkan tegangan panel surya. selanjutnya hasil grafik pada pengujian sensor debu terhadap arus panel surya dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik kadar debu terhadap arus

Gambar 8. menunjukkan bahwa sistem wiper akan bekerja apabila menerima range arus sebesar 0.4-0.5 A. Sehingga hasil yang didapatkan pada pengujian kadar debu sebesar 0.31 mg/m3 maka akan menghasilkan arus sebesar 0.45 A sehingga sistem wiper akan bekerja untuk membersihkan luas penampang panel surya. selanjutnya apabila terdeteksi debu dan mengakibatkan turunnya arus panel surya dapat terlihat pada aplikasi blynk. dashboard monitoring akan terlihat parameter debu, tegangan, arus, dan indicator ketika arus terdeteksi 0-0.5A maka akan mengaktifkan wiper dan memberikan notifikasi berupa popup yang berisi “wiper otomatis aktif”. berikut hasil monitoring pembersih panel surya yang dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Hasil Monitoring Pembersih panel surya otomatis

Gambar 9. menunjukkan hasil monitoring pembersih panel surya otomatis. Wiper akan aktif pada dashboard indicator wiper dust, dan notifikasi berupa popup yang memberikan informasi bahwa wiper otomatis aktif. wiper otomatis akan aktif dengan jumlah perhitungan maksimal wiper sebanyak 3 kali pembersihan. Pada aplikasi monitoring dapat melihat kadar debu dengan level.

Selanjutnya dilakukan pengujian dilakukan mengukur Tegangan, dan arus sebelum dibersihkan dengan sudah dibersihkan. Selanjutnya data yang didapatkan untuk menghitung nilai selisih antara sistem wiper yang belum dibersihkan dan sudah bersihkan. Berikut data selisih tegangan setelah pembersihan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Data setelah pembersihan

Tegangan (V)			Arus (A)			Daya (Watt)		
Sebelum	Sesudah	Selisih	Sebelum	Sesudah	Selisih	Sebelum	Sesudah	Selisih
12.11	12.87	0.76	0.45	1.76	1.31	5,5	22.65	17,15

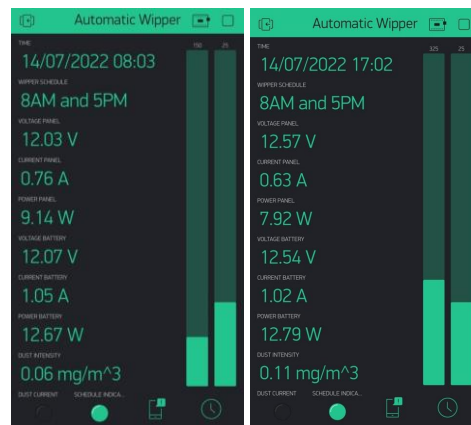
Tabel 2. Menunjukkan bahwa terjadi perbedaan parameter. Ketika terjadi sebelum pembersihan atau panel surya terkena debu menghasilkan tegangan sebesar 12,11 V, arus 0,45 A, dan daya 5,5 Watt. Ketika wiper aktif untuk melakukan pembersihan luas permukaan panel surya didapatkan sebesar 12,87 V, arus 1,76 A, dan daya 22,65 Watt. Dalam hal ini didapatkan selisih tegangan sebesar 0,76 V, arus 1,31 A, dan daya 17,15 watt.

Selanjutnya dilakukan pengujian pembersihan luas penampang panel surya dengan jadwal yang ditentukan yakni pukul 07.00 dan 17.00. pengujian ini bertujuan untuk menghindari debu secara berkala yang menumpuk pada luas penampang panel surya. Hasil yang didapatkan berupa perbandingan antara waktu yang sudah disetting dengan waktu sebenarnya untuk dapat mengetahui selisih perbedaan waktu sebenarnya. berikut data pengujian sensor RTC dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Pengujian pembersihan terjadwal

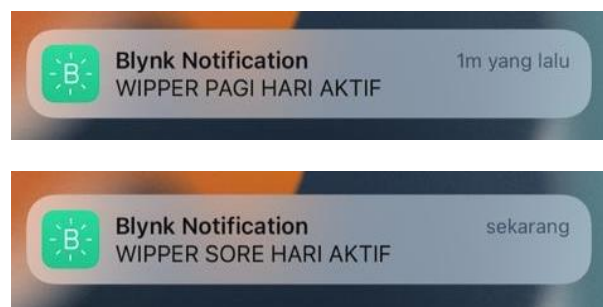
Percobaan	Waktu RTC	Waktu Aktual	selisih waktu (menit)
pagi	08.00.00	08.02.00	2
pagi	08.00.00	08.05.00	5
pagi	08.00.00	08.03.00	3
sore	17.00.00	17.04.00	4
sore	17.00.00	17.03.00	3
sore	17.00.00	17.03.00	3
rata-rata			3.3

Tabel 3. menunjukkan bahwa pada pengujian waktu RTC untuk membersihkan luas penampang panel surya yang sudah dijadwalkan didapatkan selisih rata-rata sebesar 3.3 menit dengan waktu tercepat yang didapatkan sebesar 2 menit. pada sistem pengujian RTC bergantung pada internet yang menghubungkan antara jaringan internet dengan komponen perangkat keras. Sehingga jeda yang terjadi sangat mempengaruhi kondisi jaringan internet. Selanjutnya pengguna dapat melihat status wiper terjadwal aktif, dimana wiper aktif dengan waktu yang sudah terjadwal oleh sistem. selain itu aplikasi monitoring dapat melihat status indicator wiper aktif, dan memberikan informasi berupa popup yang dapat dilihat pada smartphone. Berikut hasil monitoring wiper terjadwal yang dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Monitoring pembersihan terjadwal

Gambar 10. menunjukkan hasil monitoring wiper terjadwal pada waktu pagi dan waktu sore hari. Wiper terjadwal berfungsi supaya dapat menjaga kebersihan panel surya, sehingga dapat bekerja secara maksimal. Selain itu ketika wiper terjadwal aktif maka akan memberikan informasi berupa popup. Berikut hasil notifikasi berupa popup dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Notifikasi wiper terjadwal

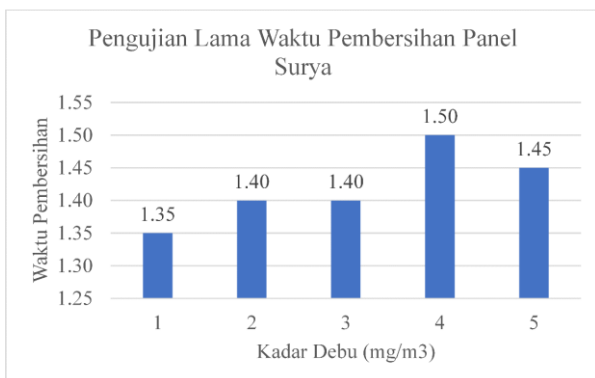
Pengujian selanjutnya untuk menghitung lamanya waktu sistem wiper untuk membersihkan panel surya.

pengujian ini dilakukan dengan pengujian sebanyak 5 kali percobaan. Sehingga hasil yang didapatkan berupa rata-rata waktu wiper untuk membersihkan panel surya. berikut data pengujian dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Data Lama Waktu Wiper Bekerja

Percobaan	Waktu Pembersihan (Menit)
1	1.35
2	1.40
3	1.40
4	1.50
5	1.45
<b>Rata-rata</b>	<b>1.42</b>

Tabel 4. Menunjukkan bahwa pada pengujian lama waktu pembersihan panel surya didapatkan waktu tercepat sebesar 1.35 menit, sedangkan rata-rata waktu pembersihan sebesar 1.42 menit. Sehingga hasil grafik lama waktu pembersihan panel surya dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Grafik lama waktu wiper bekerja

Selanjutnya dilakukan perhitungan persentase error, dan keberhasilan pada pengukuran sensor INA 219 dengan alat ukur multimeter. Parameter yang dilakukan untuk persentase berupa tegangan, arus, dan daya. Data yang didapatkan nantinya berupa persentase error, dan keberhasilan pengukuran. Berikut data persentase pengukuran dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Data persentase pengukuran

No	Parameter Panel Surya	Persentase (%)	
		Error	Keberhasilan
1.	Tegangan	0.80	99.20
2.	Arus	3.14	96.86
3.	Daya	3.92	96.08
<b>Rata-rata persentase (%)</b>		<b>2,62</b>	<b>97,38</b>

Tabel 5. Menunjukkan bahwa pengukuran keseluruhan pada parameter tegangan, arus, dan daya didapatkan rata-rata persentase error sebesar 2,62%, dan persentase keberhasilan 97,38%. Dimana persentase error yang didapatkan sangat baik pada standar error pengukuran yakni 5%. Sehingga perancangan monitoring dapat diimplementasikan kedalam monitoring pembersihan panel surya berbasis *internet of things*.

#### KESIMPULAN

Pada pengujian kinerja panel surya didapatkan rata-rata efisiensi sebesar 11.69%.

Persentase error pada pengukuran sensor dan pengukuran alat diukur didapatkan rata-rata persentase error tegangan sebesar 0.80%, dan arus sebesar 3.14%

Persentase keberhasilan pengukuran didapatkan rata-rata keberhasilan tegangan sebesar 99.20%, arus 96.86%, dan daya 96.08% dengan rata-rata keseluruhan persentase error sebesar 2,62%, dan persentase keberhasilan sebesar 97,38% .

Pada sistem pembersihan wiper akan bekerja apabila mendeteksi arus sebesar 0.45A, dan kadar debu yang didapatkan untuk membersihkan panel surya sebesar 0.31 mg/m<sup>3</sup>.

Selisih tegangan yang didapatkan sebelum dibersihkan dan sesudah dibersihkan sebesar 1.24 V, selisih arus sebesar 1.31 A, dan selisih waktu yang didapatkan dengan sistem wiper terjadwal sebesar 3.3 menit.

Pada pengujian lama waktu wiper bekerja didapatkan rata-rata sebesar 1.42 menit dengan waktu yang paling cepat sebesar 1.35 menit.

Sistem wiper otomatis sangat cocok diaplikasikan karena sangat mudah digunakan dengan melakukan monitoring. Sehingga pengguna dapat mengetahui informasi wiper terjadwal maupun otomatis.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Budiyo and H. Setiawan, "Analisa Perbandingan Kinerja Panel Surya Vertikal Dengan Panel Surya Fleksibel Pada Jenis Monocrystalline," *Resist. (Elektronika Kendali Telekomun. Tenaga List. Komputer)*, vol. 4, no. 1, p. 77, 2021, doi: 10.24853/resistor.4.1.77-86.

- [2] M. Mungkin, H. Satria, J. Yanti, and G. B. A. Turnip, "Perancangan Sistem Pemantauan Panel Surya Polycrystalline Menggunakan Teknologi Web Firebase Berbasis Iot," *J. Inf. Technol. Comput. Sci.*, vol. 3, no. 2, pp. 319–327, 2020.
- [3] R. L.R. Lokesh Babu, D. Rambabu, A. Rajesh Naidu, R. D. Prasad, and P. Gopi Krishna, "Solar Power Monitoring System using IOT," *J. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 3.12, p. 526, 2018.
- [4] D. Almanda and D. Bhaskara, "Studi Pemilihan Sistem Pendingin pada Panel Surya Menggunakan Water Cooler, Air Mineral dan Air Laut," *Resist. (elektRONika kEndali Telekomun. tenaga List. kOmputeR)*, vol. 1, no. 2, p. 43, 2018, doi: 10.24853/resistor.1.2.43-52.
- [5] H. Isyanto and W. Ibrahim, "Design of Overheating Detection and Performance Monitoring of Solar Panel based on Internet of Things (IoT) using Smartphone," *First Int. Conf. Eng. Constr. Renew. Energy, Adv. Mater. (1ST ICECREAM)*, no. November, 2021.
- [6] A. A. Tino, "DAMPAK DEBU TERHADAP KINERJA MODUL PHOTOVOLTAIK DI KAMPUS POLITEKNIK NEGERI KUPANG," pp. 26–33, 2014.
- [7] A. Hachicha, I. Al-Sawafta, and Z. Said, "Impact of Dust on the Performance of Solar Photovoltaic (PV) Systems under United Arab Emirates Weather Conditions," *Renew. Energy*, vol. 141, Apr. 2019, doi: 10.1016/j.renene.2019.04.004.
- [8] D. Almanda and B. P. Piliang, "Perbandingan Sistem Pendingin pada Konsentrasi Water Coolant, Air Mineral, dan Air Laut Menggunakan Panel Surya Fleksibel Monocrystalline 20 Wp," *Resist. (elektRONika kEndali Telekomun. tenaga List. kOmputeR)*, vol. 2, no. 2, p. 73, 2019, doi: 10.24853/resistor.2.2.73-82.
- [9] E. P. Wibowo, "Rancang Bangun Alat Pembersih Debu Panel Surya (Solar Cell) Secara Otomatis," *J. Online Mhs. Bid. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 1–11, 2018.
- [10] S. K. Thomas, S. Joseph, T. S. Sarrop, S. Bin Haris, and R. Roopak, "Solar panel automated cleaning (SPAC) system," *2018 Int. Conf. Emerg. Trends Innov. Eng. Technol. Res. ICETIETR 2018*, pp. 1–3, 2018, doi: 10.1109/ICETIETR.2018.8529032.
- [11] Y. Zatsarinnaya, D. Amirov, and M. Elaev, "Solar Panel cleaning system based on the Arduino Microcontroller," *Proc. 2020 Ural Smart Energy Conf. USEC 2020*, pp. 17–20, 2020, doi: 10.1109/USEC50097.2020.9281239.
- [12] N. F. Zainuddin, M. N. Mohammed, S. Al-Zubaidi, and S. I. Khogali, "Design and Development of Smart Self-Cleaning Solar Panel System," *2019 IEEE Int. Conf. Autom. Control Intell. Syst. I2CACIS 2019 - Proc.*, no. June, pp. 40–43, 2019, doi: 10.1109/I2CACIS.2019.8825056.
- [13] S. Santosh Kumar, S. Shankar, and K. Murthy, "Solar Powered PV Panel Cleaning Robot," *Proc. - 5th IEEE Int. Conf. Recent Trends Electron. Inf. Commun. Technol. RTEICT 2020*, pp. 169–172, 2020, doi: 10.1109/RTEICT49044.2020.9315548.
- [14] H. Isyanto, A. Syahrul Wahid, and W. Ibrahim, "Desain Alat Monitoring Real Time Suhu Tubuh, Detak Jantung dan Tekanan Darah secara Jarak Jauh melalui Smartphone berbasis Internet of Things Smart Healthcare," vol. 5, no. 1, pp. 39–48.
- [15] D. Aziz, "Webserver Based Smart Monitoring System Using ESP8266 Node MCU Module," *Int. J. Sci. Eng. Res.*, vol. 9, no. 6, p. 801, 2018.
- [16] H. K. Patel, T. Mody, and A. Goyal, "Arduino Based Smart Energy Meter using GSM," *Proc. - 2019 4th Int. Conf. Internet Things Smart Innov. Usages, IoT-SIU 2019*, 2019, doi: 10.1109/IoT-SIU.2019.8777490.