

DESIGN OF AN AUTOMATIC SOLAR PANEL CLEANING SYSTEM BASED ON LDR RESISTANCE VALUES AND ELECTRICAL CURRENT FROM SUNLIGHT INTENSITY

RANCANG BANGUN SISTEM PEMBERSIH PANEL SURYA OTOMATIS BERDASARKAN NILAI HAMBATAN LDR DAN ARUS LISTRIK DARI INTENSITAS MATAHARI

Hanifah Agitha Baskara¹, Sandy Suryo Proyogo², Jamilah³

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma, Indonesia

Email: hanifahagithabaskara2308@gmail.com

²Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma, Indonesia

Email: sandy_sr@staff.gunadarma.ac.id

³Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma, Indonesia

Email: jamilah@staff.gunadarma.ac.id

Received: November 03, 2025 Revised: November 12, 2025 Published: November 21, 2025
DOI: <https://doi.org/10.24912/tesla.v27i2.35719>

Abstract

The decline in solar panel performance due to dust and dirt is one of the obstacles in the use of solar energy. This study discusses the design and implementation of an automatic cleaning system on solar panels using an LDR sensor to measure light intensity and a PZEM-017 sensor to read current values. The system works by monitoring the condition of the panel through comparison of current and light resistance values, then triggering watering when dirt is detected on the panel surface. Testing the accuracy of the device showed an average error of 1.10% in voltage, 0.048% in current, and 0.09% in light resistance, indicating that the data readings were close to the measurement values. The test was conducted under clear and partly cloudy conditions. Under clear weather conditions, the current recorded was less than 1.6A with LDR sensor resistance less than 110Ω, while under partly cloudy weather conditions, the current recorded was less than 1.5A with LDR sensor resistance less than 140Ω. At night or in rainy conditions, the current produced was 0.03–0.00A with LDR sensor resistance $\geq 510\Omega$, so that watering could not be carried out on the surface of the solar panel. The test results prove that the system can distinguish between a decrease in panel performance due to dirt and low light intensity, so that watering is only carried out under appropriate conditions.

Keywords: Automatic Watering, ESP32, LDR Sensor, PZEM-017, Solar Panel

Abstrak

Penurunan kinerja panel surya akibat debu dan kotoran menjadi salah satu kendala dalam pemanfaatan energi surya. Penelitian ini membahas perancangan dan implementasi sistem pembersih otomatis pada panel surya menggunakan sensor LDR untuk mengukur intensitas cahaya dan sensor PZEM-017 untuk membaca nilai arus. Sistem bekerja dengan memantau kondisi panel melalui perbandingan nilai arus dan resistansi cahaya, kemudian memicu penyiraman ketika terdeteksi adanya kotoran pada permukaan panel. Pengujian akurasi alat menunjukkan rata-rata error sebesar 1,10% pada tegangan, 0,048% pada arus, dan 0,09% pada resistansi cahaya, menandakan pembacaan data cukup mendekati nilai pengukuran. Pengujian dilakukan pada kondisi cerah dan cerah berawan, pada cuaca cerah, tercatat memiliki arus kurang dari 1,6A dengan resistansi sensor LDR kurang dari 110Ω, sedangkan pada cuaca cerah berawan terdapat arus kurang dari 1,5A dengan resistansi sensor LDR kurang dari 140Ω. Pada kondisi malam atau hujan arus yang dihasilkan sebesar 0,03–0,00A dengan resistansi sensor LDR $\geq 510\Omega$ sehingga, tidak dapat melakukan penyiraman pada permukaan panel surya. Hasil pengujian membuktikan bahwa sistem dapat membedakan penurunan kinerja panel akibat kotoran dan rendahnya intensitas cahaya, sehingga penyiraman hanya dilakukan pada kondisi yang sesuai

Kata Kunci: ESP32, Panel Surya, Penyiraman Otomatis, PZEM-017, sensor LDR

PENDAHULUAN

Energi matahari merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang paling melimpah di Indonesia. Berdasarkan data, rata-rata intensitas sinar matahari di Indonesia mencapai $4,8 \text{ kWh/m}^2$ per hari[1], menjadikannya sebagai sumber energi potensial yang dapat dimanfaatkan secara maksimal. Salah satu pemanfaatan dari energi matahari adalah dengan menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), yang bekerja dengan mengubah energi cahaya menjadi energi listrik melalui panel surya.

Panel surya atau solar panel merupakan perangkat yang tersusun atas sel-sel surya (*photovoltaic*) yang mampu mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik melalui efek fotovoltaiik. Teknologi ini telah banyak diterapkan dalam berbagai bidang, seperti penerangan jalan umum, instalasi atap rumah tangga, serta pada proyek energi skala besar. Namun, efektivitas kinerja panel surya sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor eksternal [2].

Salah satu kendala utama dalam penggunaan panel surya adalah penurunan efisiensi akibat akumulasi debu dan kotoran pada permukaan modul. Debu, partikel udara, dan noda air dapat menempel dan menghalangi sinar matahari untuk mencapai permukaan sel surya. Hal ini menyebabkan turunnya intensitas cahaya yang diterima oleh panel dan secara langsung mengurangi jumlah energi listrik yang dihasilkan[2].

Untuk mengurangi penurunan kinerja panel surya, area pada permukaan dibersihkan sehingga intensitas cahaya matahari yang masuk dapat menghasilkan energi listrik dengan jumlah besar, dan efisiensi tidak mengalami penurunan disebabkan oleh partikel tersebut. Pada penulisan [3] memiliki hasil penelitian Pada kondisi cerah, dengan intensitas rata-rata di atas 200.000 lux, panel surya mampu menghasilkan arus rata-rata 3,32A dan daya hingga 47,94W, sedangkan pada kondisi hujan dengan intensitas di bawah 5.000 lux, arus menurun hingga 1,50A dengan daya hanya 21,46W. Perbedaan ini membuktikan bahwa performa panel surya sangat bergantung pada tingkat penyinaran yang diterima.

Melihat permasalahan tersebut, diperlukan sebuah sistem yang mampu mendeteksi kondisi kebersihan panel secara otomatis dan melakukan pembersihan secara mandiri tanpa intervensi manusia. Pada penulisan [4] membahas mengenai perancangan sistem pembersih otomatis menggunakan wiper dan pompa air dengan pengawasan melalui platform Thinger.io untuk aplikasi di area pelabuhan. Berdasarkan kajian tersebut, penelitian ini mengembangkan pendekatan yang berbeda, yaitu dengan menggunakan pembacaan arus keluaran dan sensor cahaya (*Light Dependent Resistor / LDR*), sebagai indikator utama dalam mendeteksi keberadaan kotoran pada permukaan panel, serta mengaktifkan penyemprotan air secara otomatis hanya saat diperlukan. Hubungan antara kedua parameter tersebut yaitu semakin kecil nilai resistansi sensor LDR, maka arus yang dihasilkan panel semakin besar. Pada pukul 12.00 WIB, sistem pembersih otomatis mencatat intensitas sebesar 9 dengan arus 1,71A, sedangkan panel tanpa pembersih mendapat intensitas sebesar 39 dengan arus 1,66A. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa sistem otomatis mampu meningkatkan efisiensi pada panel.

Cara kerja sensor LDR yaitu ketika intensitas cahaya yang jatuh pada permukaan LDR rendah atau tidak ada cahaya (gelap), material semikonduktor hanya melepaskan sedikit elektron bebas, sehingga jumlah pembawa muatan listrik menjadi minim. Akibatnya, nilai resistansi pada LDR meningkat secara signifikan, sehingga arus listrik yang dapat mengalir melalui komponen tersebut menjadi sangat kecil. Sebaliknya, pada

RANCANG BANGUN SISTEM PEMBERSIH PANEL SURYA OTOMATIS BERDASARKAN NILAI HAMBATAN LDR DAN ARUS LISTRIK DARI INTENSITAS MATAHARI

saat intensitas cahaya tinggi (terang), lebih banyak elektron terlepas dari ikatan atom dalam semikonduktor, sehingga meningkatkan jumlah pembawa muatan listrik. Hal ini menyebabkan resistansi LDR menurun dan memungkinkan arus listrik mengalir lebih mudah. Oleh karena itu, semakin tinggi intensitas cahaya yang diterima, maka resistansi LDR akan semakin rendah, dan sebaliknya[5].

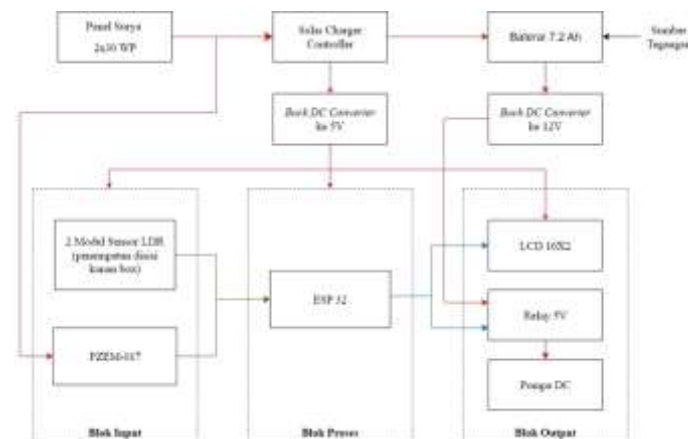
Sistem penyiraman otomatis telah banyak diteliti. Pada penulisan [6] sistem penyiraman otomatis berbasis ESP 32 untuk sistem pembersih debu pada panel surya dengan menggunakan sensor debu GP2Y1010AU0F untuk mendeteksi debu pada permukaan panel surya lalu data yang didapat diolah oleh ESP 32 untuk melakukan pembersihan otomatis permukaan panel surya.

Berdasarkan uraian di atas maka penulis merancang sebuah alat berupa “RANCANG BANGUN SISTEM PEMBERSIH PANEL SURYA OTOMATIS BERDASARKAN NILAI HAMBATAN LDR DAN ARUS LISTRIK DARI INTENSITAS MATAHARI” yang dirancang agar panel surya dapat tetap bekerja dengan cara mengidentifikasi kondisi permukaan panel surya secara otomatis menggunakan parameter resistansi cahaya dan arus keluaran panel. Sistem ini kemudian akan mengaktifkan pembersih otomatis berupa pompa air yang bekerja secara mandiri tanpa memerlukan intervensi manusia.

METODOLOGI PENELITIAN

Blok Diagram

Blok diagram merupakan salah satu langkah dalam perancangan dan pembuatan alat menjadi terstruktur, karena itu blok diagram dapat disebut prinsip kerja dari alat yang dibuat. Berikut blok diagram dari alat yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 1.



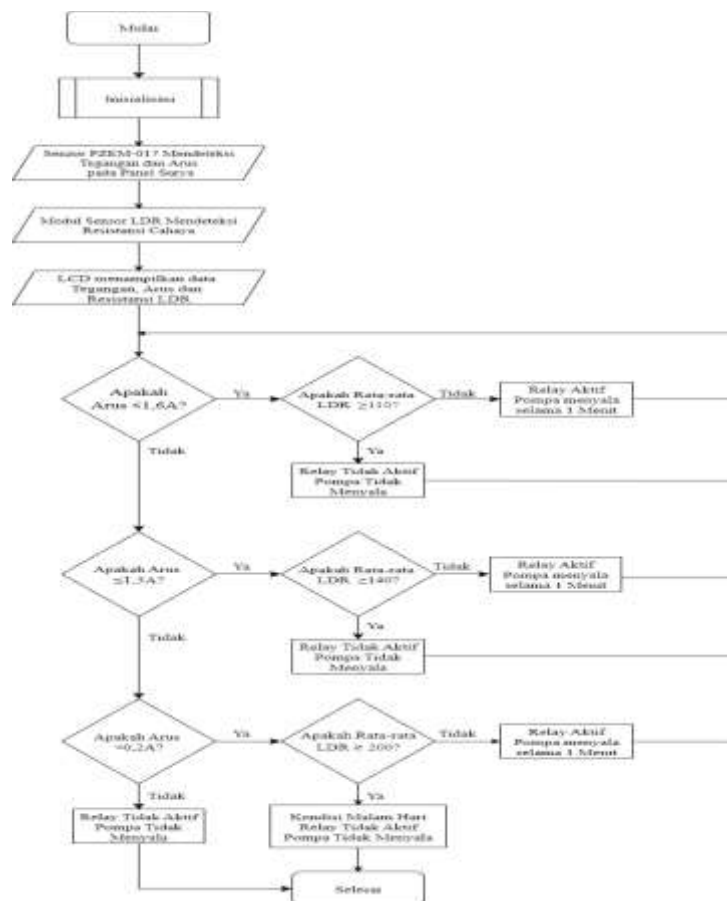
Gambar 1. Blok Diagram Alat

Pada Gambar 1 merupakan blok diagram sistem pembersih panel surya otomatis terdiri dari beberapa bagian utama, yaitu sumber daya, sensor masukan, unit pemrosesan, dan aktuator keluaran. Panel surya berfungsi sebagai sumber energi utama yang kemudian disimpan dalam aki melalui pengaturan *Solar Charge Controller* (SCC). Pada sisi masukan, sistem menggunakan sensor LDR untuk mendeteksi intensitas cahaya dan sensor PZEM-017 untuk membaca parameter listrik berupa tegangan, arus, daya, dan energi yang dihasilkan panel surya. Data dari kedua

sensor ini dikirim ke mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali. ESP32 mengolah informasi dengan logika *decision tree* untuk menentukan kondisi panel, apakah dalam keadaan bersih, kotor, atau hanya mengalami penurunan intensitas cahaya karena cuaca. Jika terdeteksi panel kotor (arus menurun sementara cahaya tetap tinggi), maka ESP32 mengaktifkan *relay* yang menyalakan pompa air DC 12VDC. Pompa kemudian menyemburkan air ke permukaan panel sehingga kotoran terangkat dan panel dapat kembali bekerja optimal. Dengan pembagian blok ini, sistem dapat bekerja secara otomatis dan mandiri tanpa memerlukan intervensi manusia.

Flowchart

Proses yang dilakukan pada alat dituangkan pada langkah kerja dalam pemrograman. Fungsi *flowchart* pada penulisan ini, yaitu untuk menjelaskan gambaran alur dari program atau proses cara kerja pada alat rancang bangun sistem pembersih panel surya otomatis berdasarkan cahaya matahari dan sensor arus.



Gambar.2 Flowchart

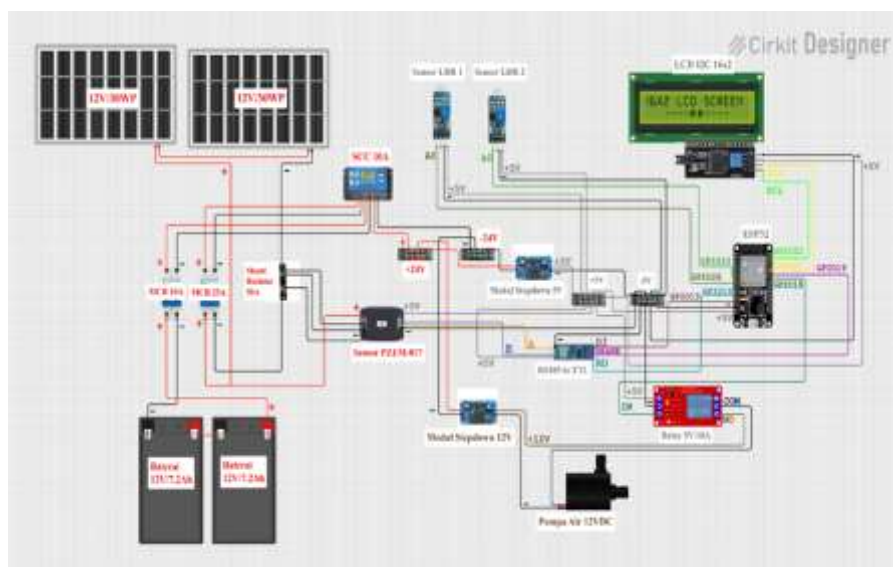
Pada Gambar 2 merupakan diagram alur program yang menjelaskan tahapan kerja sistem secara keseluruhan. Proses dimulai dengan inisialisasi variabel dan sensor yang dibutuhkan, di mana mikrokontroler membaca *library* agar variabel dan sensor dapat berfungsi dengan baik. Selanjutnya, sistem melakukan pembacaan tegangan dan arus panel surya menggunakan sensor PZEM-017 secara *real-time*, kemudian membaca resistansi cahaya dari modul sensor LDR. Data hasil pembacaan berupa tegangan, arus, dan resistansi cahaya selanjutnya ditampilkan pada LCD sebagai monitoring. Setelah itu,

RANCANG BANGUN SISTEM PEMBERSIH PANEL SURYA OTOMATIS BERDASARKAN NILAI HAMBATAN LDR DAN ARUS LISTRIK DARI INTENSITAS MATAHARI

sistem memeriksa arus keluaran panel. Jika arus kurang dari atau sama dengan 1,6 A, maka sistem membandingkan nilai rata-rata LDR. Apabila rata-rata resistansi LDR kurang dari atau sama dengan 104Ω , kondisi dianggap cerah, tetapi arus yang rendah menunjukkan bahwa panel surya kotor sehingga sistem memicu *relay* untuk menyalakan pompa selama 1 menit. Sebaliknya, jika arus lebih besar atau sama dengan 1,6 A, panel dianggap bersih sehingga *relay* dan pompa tetap nonaktif. Tahap berikutnya, sistem memeriksa apakah arus kurang dari atau sama dengan 1,5 A. Jika ya, maka pembacaan nilai rata-rata LDR dilakukan kembali. Apabila nilainya kurang dari atau sama dengan 130Ω , kondisi dianggap cerah berawan, dan jika arus rendah maka panel dianggap kotor sehingga pompa aktif selama 1 menit. Namun, jika arus sama dengan atau lebih besar dari 1,5 A, panel dianggap bersih sehingga pompa tidak menyala. Sistem juga memeriksa kondisi arus yang lebih rendah, yaitu kurang dari atau sama dengan 0,2 A. Jika pada kondisi ini resistansi LDR lebih dari 200Ω , maka dianggap malam hari atau mendung tebal sehingga pompa tidak aktif. Namun, jika arus rendah tetapi resistansi LDR kurang dari 200Ω , hal ini menandakan arus rendah bukan disebabkan faktor cahaya melainkan kotoran pada panel, sehingga sistem memicu pompa selama 1 menit. Seluruh logika ini berjalan secara terus-menerus dalam *loop* utama agar sistem mampu merespons kondisi lingkungan secara *real-time*. Meskipun program bekerja berulang tanpa henti, *flowchart* tetap menampilkan simbol "Selesai" sebagai penanda akhir dari satu siklus pengambilan keputusan.

Analisis Rangkaian Skematik Alat

Rangkaian keseluruhan dari alat ini merupakan rangkaian secara keseluruhan dari "RANCANG BANGUN SISTEM PEMBERSIH PANEL SURYA OTOMATIS BERDASARKAN CAHAYA MATAHARI DAN SENSOR ARUS". Rangkaian keseluruhan pada alat ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar.3 Rangkaian Skematik Alat

Pada Gambar 3 menunjukkan rangkaian sistem pembersih panel surya otomatis berbasis ESP32 yang terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu panel surya 30 Wp,

Solar Charge Controller (SCC), aki, modul stepdown DC–DC, sensor LDR, modul PZEM-017, relay, dan pompa air DC 12V. Panel surya terhubung ke SCC untuk mengatur proses pengisian aki agar aman, sementara modul *stepdown* menyesuaikan tegangan sesuai kebutuhan komponen. Mikrokontroler ESP32 berperan sebagai pusat kendali dengan menerima data dari sensor LDR dan modul PZEM-017 melalui komunikasi RS-485. Data yang diperoleh diproses menggunakan logika *decision tree* untuk menentukan kondisi kebersihan panel. Jika terdeteksi kotor, ESP32 mengaktifkan *relay* sehingga pompa menyembrotkan air ke permukaan panel. Setelah arus kembali normal, *relay* otomatis dimatikan agar pompa berhenti.

HASIL DAN DISKUSI

Pengujian Akurasi Pengukuran Panel Surya

Pengujian ini bertujuan untuk memeriksa kinerja alat, khususnya dalam hal akurasi pada pembacaan tegangan, arus dan resistansi sensor LDR. Proses pengujian ini dilakukan selama 5 hari dengan rentang waktu dari pukul 09.00 WIB hingga pukul 17.00 WIB. Data yang dikumpulkan mencakup hasil pembacaan tegangan, arus dan resistansi sensor LDR yang ditampilkan oleh sistem melalui LCD 12C 16×2, serta hasil pengukuran perbandingan menggunakan alat ukur *eksternal* seperti multimeter.

Tabel.1 Hasil Pengukuran Tegangan

Jam	Suhu (°C)	Multimeter (V)	Sensor Tegangan (V)	Error (%)
09.00	28	25,14	24,58	2,27%
10.00	29	27,22	26,74	1,40%
11.00	30	30,34	29,94	1,33%
12.00	31	29,35	29,22	0,44%
13.00	32	29,36	29,22	0,47%
14.00	32	30,53	30,04	1,63%
15.00	32	27,28	27,10	0,29%
16.00	32	24,68	24,54	0,56%
17.00	32	24,44	24,08	1,47%
Rata-rata error				1,10%

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian pengukuran tegangan yang dilakukan dengan membandingkan nilai pembacaan dari panel surya melalui tampilan pada LCD dengan pengukuran dari multimeter sebagai alat ukur selama 5 hari, dengan total 9 data pengukuran yang dicatat, diperoleh rata-rata error sebesar 1,10%. Hasil menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dalam mengukur tegangan listrik.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Arus

Jam	Suhu (°C)	Multimeter (A)	Sensor Arus (A)	Error (%)
09.00	28	0,63	0,63	0,000%
10.00	29	1,34	1,36	0,014%
11.00	30	1,27	1,25	0,015%
12.00	31	1,69	1,67	0,011%
13.00	32	1,64	1,64	0,000%
14.00	32	1,07	1,09	0,018%
15.00	32	0,81	0,85	0,049%
16.00	32	0,16	0,19	0,187%
17.00	32	0,07	0,08	0,142%
Rata-rata error				0,048%

RANCANG BANGUN SISTEM PEMBERSIH PANEL SURYA OTOMATIS BERDASARKAN NILAI
HAMBATAN LDR DAN ARUS LISTRIK DARI INTENSITAS MATAHARI

Tabel 2 menunjukkan hasil rata-rata pengujian pengukuran arus yang dilakukan dengan membandingkan nilai pembacaan dari panel surya melalui tampilan pada LCD dengan pengukuran dari multimeter sebagai alat ukur selama 5 hari, dengan total 9 data pengukuran yang dicatat, diperoleh rata-rata *error* sebesar 0,048%. Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa besar nilai arus yang ditampilkan oleh sistem cukup akurat.

Tabel.3 Hasil Pengukuran Resistansi Sensor LDR








Jam	Suhu (°C)	Multimeter (Ω)	Resistansi Sensor LDR (Ω)	<i>Error</i> (%)
09.00	28	171	161	0,05%
10.00	29	126	117	0,07%
11.00	30	118	122	0,03%
12.00	31	127	114	0,10%
13.00	32	132	110	0,16%
14.00	32	137	132	0,03%
15.00	32	173	187	0,08%
16.00	32	256	327	0,27%
17.00	32	635	616	0,03%
Rata-rata <i>error</i>				0,09%

Tabel 3 menunjukkan hasil rata-rata pengujian pengukuran resistansi cahaya yang dilakukan dengan membandingkan nilai pembacaan dari resistansi cahaya pada modul sensor LDR melalui tampilan pada LCD dengan pengukuran dari multimeter sebagai alat ukur selama 5 hari, dengan total 9 data pengukuran yang dicatat, diperoleh rata-rata *error* sebesar 0,09%. Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa besar nilai resistansi yang ditampilkan oleh sistem cukup akurat. Pada rentang waktu pagi hingga siang hari, nilai resistansi yang diukur relatif lebih rendah dan selisih antara kedua alat ukur ini tampak kecil. Namun, pada sore hari, terutama pada pukul 16.00 dan 17.00, terjadi peningkatan resistansi yang cukup signifikan, baik pada data multimeter maupun LCD. Peningkatan resistansi pada sore hari tersebut dapat dikaitkan dengan penurunan intensitas cahaya lingkungan, sehingga sensor LDR merespon dengan peningkatan resistansi yang signifikan.

Pengujian Kotoran Pada Panel Surya

Pengujian kotoran terhadap nilai arus dan tegangan menggunakan sensor PZEM-017 pada alat sistem pembersih otomatis dilakukan untuk mengetahui seberapa besar penurunan performa panel surya ketika sebagian permukaan panel tertutup dengan kotoran pada dua kondisi cuaca yang berbeda, yaitu cuaca cerah dan cuaca cerah berawan. Pengujian ini, dilakukan dengan menempatkan panel surya di tempat terbuka dan menggunakan tepung sebagai media penghalang panel surya. Berikut merupakan hasil dari pengujian pengaruh kotoran terhadap nilai arus dan tegangan terhadap dilakukan dan dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel.4 Hasil Pengujian Kondisi Kotoran Pada Panel Surya

Kondisi Panel Surya	Kondisi Cuaca					
	Tegangan (V)		Arus (A)		Resistansi Sensor LDR (Ω)	
	Cerah	Cerah Berawan	Cerah	Cerah Berawan	Cerah	Cerah Berawan
	25,5	24	1,46	0,63	110	140
	25,6	24	1,47	0,74	108	140
	25,6	24,7	1,49	0,77	108	139
	25,7	25	1,50	0,80	107	138
	25,8	25,3	1,56	1,29	106	138
	25,9	25,4	1,57	1,29	104	137
	26,2	25,4	1,60	1,38	101	137

RANCANG BANGUN SISTEM PEMBERSIH PANEL SURYA OTOMATIS BERDASARKAN NILAI
HAMBATAN LDR DAN ARUS LISTRIK DARI INTENSITAS MATAHARI

26,2	25,4	1,60	1,50	101	137
------	------	------	------	-----	-----



26,9	25,7	1,66	1,54	98	136
------	------	------	------	----	-----

Pada Tabel 4 merupakan dampak kotoran berupa tepung yang menutupi permukaan panel surya terhadap nilai arus dan tegangan keluaran panel pada kondisi cuaca cerah dan cerah berawan. Data pengujian menunjukkan bahwa penurunan arus keluaran panel sangat dipengaruhi oleh luas permukaan yang tertutup kotoran serta kondisi cuaca saat pengukuran dilakukan.

Pada kondisi panel bersih dengan cuaca cerah, arus maksimum yang dihasilkan mencapai 1,66A dengan tegangan sekitar 26,9V. Hal ini menunjukkan bahwa intensitas cahaya yang diterima panel cukup tinggi untuk menghasilkan arus besar. Namun, ketika sebagian permukaan panel ditaburi tepung secara bertahap, terjadi penurunan arus yang signifikan, yakni dari 1,66A pada panel bersih, turun menjadi 1,60A ketika sisi kanan panel sebagian tertutup, dan semakin menurun hingga mencapai 1,46A pada penutupan yang lebih luas. Penurunan ini terjadi meskipun resistansi sensor LDR tetap rendah, berkisar antara 98 hingga 110 Ω , menandakan bahwa intensitas cahaya lingkungan tidak mengalami perubahan berarti. Dengan demikian, hambatan aliran arus lebih disebabkan oleh terhalangnya cahaya pada permukaan sel oleh kotoran. Fenomena serupa juga diamati pada kondisi cuaca cerah berawan. Arus maksimum yang tercatat pada panel bersih adalah 1,54A, namun setelah permukaan panel tertutup tepung, arus menurun drastis hingga sekitar 0,63A.

Tegangan keluaran panel di kedua kondisi cuaca relatif stabil, berkisar antara 25,5–26,9V pada cuaca cerah dan 24–25,7V pada cuaca cerah berawan. Fluktuasi tegangan yang kecil ini sesuai dengan karakteristik sel surya yang secara fundamental dipengaruhi lebih oleh suhu dan sifat material semikonduktor daripada intensitas cahaya langsung. Hal ini juga didukung oleh data resistansi LDR yang menunjukkan nilai 98–110 Ω (cerah) dan 136–140 Ω (cerah berawan).

Penurunan arus akibat kotoran sejalan dengan teori mengenai susunan sel fotovoltaik secara seri-paralel. Ketika satu bagian sel tertutupi dan terhalang cahaya, keseluruhan jalur arus mengalami hambatan sehingga arus keseluruhan berkurang. Hal ini menegaskan bahwa besarnya luas serta posisi kotoran pada permukaan panel surya sangat menentukan besar kecilnya penurunan arus. Kotoran secara langsung menghambat aliran elektron pada permukaan sel, meskipun intensitas cahaya di lingkungan tetap tinggi.

Pengujian Sistem Penyiraman Otomatis Berdasarkan Deteksi Kotoran

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mendeteksi kondisi panel surya yang kotor secara otomatis berdasarkan kombinasi nilai arus listrik dan resistansi cahaya dari sensor LDR. Melalui pengujian ini, dapat diketahui penurunan nilai arus yang terjadi saat intensitas cahaya masih tinggi merupakan indikator adanya gangguan pada permukaan panel, seperti debu atau kotoran.

Tabel.5 Hasil Data Sistem Penyiraman pada Panel Surya

Kondisi Cuaca	Kondisi Panel Surya	Arus (A)	Resistansi Sensor LDR (Ω)	Indikator	Keterangan
Cerah	Bersih	1,64	98	Tinggi	Tidak Siram
	Tabur Tepung	1,40	104	Rendah	Siram Panel
	Setelah Dibersihkan	1,53	102	Sedang	Tidak Siram
Cerah Berawan	Bersih	1,03	126	Tinggi	Tidak Siram
	Tabur Tepung	0,70	130	Rendah	Siram Panel
	Setelah Dibersihkan	0,93	128	Sedang	Tidak Siram
Gelap (Malam/Hujan)	Bersih	0,03	510	Malam Hari	Tidak Siram
	Tabur Tepung	0	513	Malam Hari	Tidak Siram

Berdasarkan Tabel 5 hasil Pada pengujian ini, data berdasarkan kondisi cuaca dan keadaan permukaan panel. Data diambil dari pengujian pada berbagai kondisi panel surya dan cuaca, yang dianalisis serta diklasifikasikan ke dalam empat indikator utama: tinggi, sedang, rendah, dan malam hari.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa indikator berbeda signifikan antara kondisi cuaca cerah dan cerah berawan, serta antara kondisi permukaan panel yang bersih, dibersihkan, dan tertutup kotoran. Pada indikator tinggi, yang merepresentasikan panel bersih, pada cuaca cerah dengan nilai arus 1,64A dan resistansi LDR 98 Ω . Sedangkan pada cuaca cerah berawan, memiliki arus 1,0A dan resistansi 126 Ω . Indikator sedang, yang menunjukkan kondisi panel setelah dibersihkan oleh sistem, memperlihatkan arus sebesar 1,53A dan resistansi 102 Ω untuk cuaca cerah dan mendapat arus 0,93A dengan resistansi 128 Ω untuk kondisi cuaca cerah berawan. Selanjutnya, indikator rendah yang menandakan penurunan performa akibat penumpukan kotoran (tepung) pada permukaan panel, memiliki arus 1,40A, resistansi 104 Ω pada cuaca cerah dan mendapat arus 0,70A, resistansi 130 Ω pada cuaca cerah berawan. Pada indikator rendah inilah sistem penyiraman otomatis diaktifkan sebagai respons terhadap penurunan arus yang signifikan.

Kondisi malam hari ditandai oleh nilai arus rendah dan resistansi sensor LDR yang tinggi rasio, yaitu pada panel bersih dengan arus 0,03A dan resistansi 510 Ω , serta pada panel yang tertutup tepung dengan arus 0A dan resistansi 513 Ω . Nilai tersebut menyebabkan sistem penyiraman otomatis tidak diaktifkan untuk menghindari penggunaan yang tidak perlu pada malam hari.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan bahwa sistem pembersih otomatis pada panel

RANCANG BANGUN SISTEM PEMBERSIH PANEL SURYA OTOMATIS BERDASARKAN NILAI
HAMBATAN LDR DAN ARUS LISTRIK DARI INTENSITAS MATAHARI

surya berhasil dibangun menggunakan sensor cahaya LDR dan pembacaan arus melalui sensor PZEM-017. Sistem bekerja dengan mengamati kondisi panel secara otomatis melalui nilai arus dan intensitas cahaya yang diterima dan mampu memicu penyiraman apabila kondisi panel terdeteksi kotor. Hasil pengujian akurasi menunjukkan bahwa alat memiliki rata-rata *error* pengukuran sebesar 1,10% pada tegangan, 0,048% pada arus, dan 0,09% pada resistansi cahaya, sehingga dapat digunakan untuk pemantauan kondisi panel surya secara *real-time*. Pada kondisi cerah arus mencapai 1,60A dengan resistansi 98Ω, sedangkan pada kondisi cerah berawan arus turun menjadi 1,03A dengan resistansi 126Ω. Sistem juga dapat mendeteksi penurunan arus akibat kotoran, meskipun resistansi cahaya rendah yaitu arus turun menjadi 1,40A dengan resistansi 104Ω pada cuaca cerah dan arus 0,70A dengan resistansi 130Ω pada cuaca cerah berawan. Pada malam atau hujan, arus berada di kisaran 0,00–0,03A dengan resistansi $\geq 510\Omega$. Dengan demikian, sistem dapat membedakan penurunan arus akibat kotoran dan intensitas cahaya, sehingga penyiraman hanya dilakukan saat diperlukan.

SARAN

Penelitian ini dapat ditingkatkan dengan menambahkan beberapa komponen, seperti penggunaan lux meter untuk memperoleh data intensitas cahaya yang lebih akurat sebagai pembanding terhadap resistansi yang dihasilkan sensor LDR, serta penambahan fitur pemantauan jarak jauh berbasis IoT agar sistem dapat dimonitoring dan dikontrol dari jarak jauh melalui aplikasi *mobile*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Sandy Suryo Prayogo, S.T., M.T. dan Ibu Jamilah, SKom., M.T selaku pembimbing yang telah memberikan waktu, pikiran, dan tenaganya selama proses pembuatan jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Isyanto, M. A. K. Batubara, and D. Almanda, "Perancangan Alat Pembersih Panel Surya Berbasis Internet of Things," *Resist. (Elektronika Kendali Telekomun. Tenaga List. Komputer)*, vol. 6, no. 2, pp. 125–132, 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/resistor/article/view/18823>
- [2] P. Akhir, "PROTOTYPE SISTEM PEMBERSIH SOLAR CELL OTOMATIS," 2024.
- [3] I. T. Padang, "Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Tegangan Dan Arus Yang Dihasilkan Panel Surya," vol. 10, no. 2, 2021.
- [4] T. Sutikno, A. Z. Hanna, and H. S. Purnama, "Pembersih Panel Surya Otomatis Area Pelabuhan Menggunakan Wiper Berbasis Internet of Things Platfrom Thinger.Io," *Semin. Ris. Mahasiswa-Computer Electr. (SERIMA-CE)*, vol. 1, no. 1, p. 2023, 2023, [Online]. Available: <http://seminarsetup.com/id/serima>
- [5] G. K. Wardana, "TA: Perancangan Lampu Otomatis Untuk PT. Citra Mandala Samudra.," *PhD diss., STIKOM Surabaya*, 2012.
- [6] P. Udara, "Analisis Output Daya pada Sistem Pembersih Debu berbasis ESP32 terhadap Panel Surya," vol. 2, no. 2, pp. 16–21, 2024.