

Rancang Bangun Alat Pembersih Panel Surya Dengan *Time Scheduling*

Iradiratu Diah Prahmana Karyatanti¹, Belly Yan Dewantara², Faisal Akbar³

^{1,2,3}Teknik Elektro, Universitas Hang Tuah, Surabaya
iradiratu@hangtuah.ac.id, bellyyandewantara@hangtuah.ac.id,
Faisalakbar210895@gmail.com

Received: June 2025; Accepted: September 2025; Published: February 2026

DOI: <https://doi.org/10.30649/je.v6i1.132>

Abstrak

Pemanfaatan energi matahari menggunakan panel surya di Indonesia saat ini hanya sebesar 0,05% dari potensi yang ada. Dimana, Indonesia merupakan negara yang berada pada garis khatulistiwa, sehingga Indonesia memiliki potensi untuk mendapatkan energi sinar matahari yang stabil. Namun ada beberapa faktor yang dapat menurunkan optimalitas panel surya. Faktor-faktor yang mempengaruhi optimal kinerja dari suatu panel surya adalah pengaruh suhu, *shadding effect*, dan bahan pembuat sel surya itu sendiri. Apabila *cover glass* yang merupakan lapisan terluar dari suatu panel surya tertutupi oleh debu atau bahan penghalang lainnya maka hal tersebut menghalangi masuknya intensitas cahaya matahari dan sangat mempengaruhi proses efek fotolistrik pada panel sel surya tersebut sehingga energi listrik yang dihasilkan tidak optimal, kejadian ini disebut dengan *shadding effect*. Pada penelitian ini kan dirancang alat pembersih panel surya berdasarkan *time schedullng*. Alat ini digunakan untuk mengurangi debu dan penghalang lainnya pada permukaan panel surya. Apabila sekitar solar panel terdapat debu dan kotoran, alat pembersih ini akan otomatis membersihkan solar panel.

Kata kunci: *panel surya, time scheduling, shadding effect*

Abstract

Utilization of solar energy using solar panels in Indonesia is currently only 0.05% of the existing potential. Where, Indonesia is a country located on the equator, so Indonesia has the potential to get stable solar energy. However, there are several factors that can reduce the optimality of solar panels. The factors that affect the optimal performance of a solar panel are the influence of temperature, the effect of shadows, and the material of the solar cell itself. If the cover glass, which is the outermost layer of the solar panel, is covered by dust or other barrier materials, this will block the entry of the intensity of sunlight and greatly affect the process of the photoelectric effect on the cell panel so that the electrical energy produced is not optimal, this event is called shading affect. In this study, a solar panel cleaning tool was designed based on time scheduling. This tool is used to reduce dust and other obstructions on the surface of solar panels. If there is no dust and dirt around the solar panel, this cleaning tool will clean the solar panel automatically.

Keywords: *solar panels, time scheduling, shading effect*

I. PENDAHULUAN

Energi adalah kemampuan untuk melakukan suatu pekerjaan. Tanpa energi, manusia tidak dapat melakukan sesuatu. Kebutuhan energi saat ini semakin berkembang, seiring dengan banyaknya penemuan energi terbarukan yang dapat memenuhi kebutuhan manusia. Selain itu, energi yang saat ini sedang berkembang yaitu pemanfaatan energi panas matahari yang dikonversikan sebagai sumber listrik. Energi tersebut sering disebut dengan photovoltaic (PV) atau panel surya. Saat ini, terdapat 2 jenis teknologi panel surya (mengubah cahaya matahari menjadi tenaga listrik) yang telah dikembangkan, yaitu panel surya dengan bahan kristalin-atau silikon (monokristalin dan polikristalin). Keduanya mempunyai karakteristik dan efisiensi tersendiri [1].

Sel panel surya mempunyai paling tidak dua lapisan semi konduktor yang bermuatan negatif dan bermuatan positif. Ketika cahaya bersinar, perpindahan elektron terjadi sehingga menyebabkan listrik mengalir dan membangkitkan arus DC. Pada dasarnya, sistem panel surya tidak membutuhkan cahaya terang untuk beroperasi sehingga dalam kondisi mendung pun sistem ini tetap dapat beroperasi. Pemanfaatan energi matahari dengan menggunakan panel surya di Indonesia saat ini hanya sebesar 0,05% dari potensi yang ada, Indonesia merupakan negara yang berada pada garis khatulistiwa, sehingga Indonesia memiliki potensi untuk mendapatkan energi sinar matahari yang stabil [2].

Penjadwalan waktu yang terintegrasi dalam peralatan pembersih sel surya dapat meningkatkan efisiensi dan pemeliharaan sistem fotovoltaik (PV) secara signifikan. Sistem ini memanfaatkan teknologi mutakhir untuk mengotomatiskan proses pembersihan, sehingga memastikan kinerja maksimal dengan mengurangi penumpukan debu, yang merupakan salah satu

faktor utama yang mempengaruhi produksi energi surya.

II. METODE PENELITIAN

Manfaat utama dari sistem pembersihan terjadwal waktu ini, adalah:

1. Menggunakan mesin otomatis:

- Sistem memungkinkan pengguna untuk mengatur jadwal pembersihan yang dipersonalisasi berdasarkan preferensi mereka, memastikan fleksibilitas dalam pemeliharaan [3].
- Otomatisasi cerdas: sensor canggih, termasuk sensor cahaya dan jam, memungkinkan sistem untuk menyesuaikan siklus pembersihan berdasarkan kondisi lingkungan dan kinerja panel surya [4].

2. Peningkatan efisiensi:

- Peningkatan daya keluaran: menerapkan pembersihan secara terjadwal dapat meningkatkan keluaran energi surya sekitar 10-15%, sehingga bisa mengoptimalkan produksi energi secara signifikan [4].
- Analisis biaya: sistem menghitung perkiraan perolehan output energi dan biaya pembersihan terkait, menjadwalkan pemeliharaan ketika manfaat melebihi biaya [5].

3. Memperpanjang Umur Panel: Dengan menjaga kebersihan panel, Anda dapat membantu memperpanjang umur sistem tenaga surya. Kotoran atau jamur yang dibiarkan terlalu lama dapat menyebabkan kerusakan permukaan yang memperpendek umur panel.

4. Mengurangi Biaya Pemeliharaan: Pembersihan panel secara berkala dapat mengurangi risiko kerusakan yang memerlukan perbaikan mahal. Dengan menjaga panel dalam kondisi baik, Anda dapat menghindari biaya pemeliharaan yang tidak perlu.

5. Mencegah Kerusakan dan Korosi: Beberapa bahan pembersih dapat membantu mencegah kerusakan dan korosi yang disebabkan oleh bahan kimia atau lingkungan yang keras.
6. Meningkatkan Nilai Investasi: Sistem tenaga surya yang terawat dengan baik, termasuk panel yang bersih, dapat meningkatkan nilai properti dan investasi.
7. Meningkatkan Estetika: Panel surya yang bersih memberikan tampilan yang lebih bagus dan menarik, baik untuk pemilik rumah maupun bagi lingkungan sekitar.
8. Meningkatkan Ketahanan Terhadap Cuaca: Beberapa pembersih solar panel juga dilengkapi dengan bahan yang dapat meningkatkan ketahanan panel terhadap kondisi cuaca ekstrem, sehingga memperpanjang masa pakai perangkat.

Walaupun keuntungan dari sistem pembersihan otomatis yang terjadwal sudah terbukti, tetapi ada beberapa argumen bahwa biaya awal dan pemeliharaan sistem tersebut bisa menjadi kendala dalam penerapannya secara luas, terutama di daerah dengan tingkat penggunaan panel surya yang rendah. Namun, keuntungan efisiensi dalam jangka panjang sering kali jauh melebihi kekhawatiran tersebut.

A. Arduino

Arduino merupakan platform *open-source* yang menggabungkan perangkat keras dan perangkat lunak, memungkinkan pengguna untuk mengembangkan beragam proyek elektronik. Dikenalkan pada tahun 2005, platform ini telah menjadi alat yang signifikan dalam bidang pendidikan, industri, dan penelitian berkat kemudahan akses dan fleksibilitas yang ditawarkannya.

Arduino Uno merupakan mikrokontroler yang serbaguna dan banyak dipakai dalam berbagai aplikasi, dikarenakan antarmuka pemrogramannya yang ramah pengguna dan biaya yang

terjangkau. Mikrokontroler ini menggunakan sirkuit terpadu ATmega328P, sehingga ideal untuk pengembang baik yang baru mulai maupun yang sudah berpengalaman. Penggunaan Arduino Uno meliputi pengendalian mesin, seperti mesin pemroses kelapa, hingga sistem inovatif seperti tempat sampah otomatis dan sistem panduan parkir.



Gambar 1. Modul Arduino Uno [6]

B. Panel Surya

Panel surya adalah teknologi yang vital dalam pemanfaatan energi matahari, merupakan sumber daya terbarukan dan berperan besar dalam mengurangi emisi karbon serta menangani perubahan iklim.

Teknologi ini mengubah radiasi matahari menjadi listrik dengan menggunakan material semikonduktor, menjadikannya pilihan yang ekonomis dibandingkan sumber energi konvensional. Perkembangan terbaru berupaya untuk meningkatkan efisiensi dan ketahanan panel melalui desain dan material yang inovatif, serta mengatasi masalah seperti kehilangan energi akibat lingkungan yang tidak mendukung [7][8].

Keunggulan teknologi solar panel adalah:

- Peningkatan efisiensi: inovasi dalam bahan dan desain telah menghasilkan peningkatan efisiensi dalam mengubah energi surya [8].
- Efektivitas biaya: seiring dengan menurunnya biaya produksi, panel surya menjadi lebih mudah diakses, sehingga mendorong adopsi yang luas [9].

Dampak lingkungan dari penggu-

naan teknologi ini antara lain:

- Dekarbonisasi: panel surya memainkan peran penting dalam mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, sehingga berkontribusi terhadap upaya dekarbonisasi global [9].
- Produksi energi berkelanjutan: teknologi ini menyediakan sumber energi berkelanjutan yang tidak menghasilkan limbah berbahaya selama operasi [8].



Gambar 2. Modul Panel Surya [9]

C. Sensor Debu

Sensor debu merupakan perangkat penting untuk mengukur dan memantau konsentrasi debu di berbagai lingkungan. Sensor ini memanfaatkan berbagai teknologi untuk mendeteksi ukuran partikel, konsentrasi, dan bahkan sumber debu, sehingga bisa menjaga kinerja dari panel surya.



Gambar 3. Sensor Debu untuk Solar Panel RK210-03 [10]

RK210-03 *dust monitoring system* adalah sistem yang bisa memecahkan masalah mengenai anggapan bahwa sulit untuk memantau debu pada panel surya. Sistem pemantauan debu stasiun fotovoltaik mengukur dan menghitung kebersihan permukaan, yang menunjukkan bahwa kebersihan menurun dari 100% menjadi 0%. Hal

ini memungkinkan pengguna untuk menemukan keseimbangan antara efisiensi pembangkit listrik dan biaya pembersihan.

Metode Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan, yakni pencarian sumber - sumber teori yang dapat memudahkan penelitian, perancangan rangkaian, dan perancangan pada sebuah simulasi guna mengetahui kesuksesan dari hasil penelitian ini, pengukuran ini dilakukan secara manual dan menggunakan panel surya yang memiliki spesifikasi 50WP dengan kapasitas maksimal 17,8V.

Pada penelitian ini dimulai dari mendesain alat pembersih panel surya, tahapan ke dua melakukan rancang bangun perangkat mekanik alat dilakukan secara paralel dengan memasang *wiring* kelistrikan alat. Setelah itu tahap ketiga dilakukan pemrograman arduino sebagai controller utama. Tahap keempat dilakukan ujicoba kerja alat pada panel surya untuk membersihkan kotoran ringan hingga berat.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bagian ini akan dijelaskan mengenai hasil analisis data serta pembahasan khususnya dalam diagram blok penelitian. Blok penelitian ini dibuat untuk mempermudah penelitian dalam membuat rangkaian.

Setelah perancangan hardware dan software selesai dilaksanakan, langkah selanjutnya adalah pengambilan data percobaan. Pengambilan data ini dilakukan secara parsial pada subsistem dan secara integrasi pada system secara keseluruhan. Diagram blok alat secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 1. Tabel Data Sesudah Dan Sebelum Di Bersihkan Debu Kotoran

Waktu uji data	Sebelum di bersihkan (daya)	Sesudah di bersihkan (daya)
08.00	1,3w	10.3w
08.30	2,2w	10,7w
09.00	1,5w	10.5w

09.30	1,5w	11,5w
10.00	1,7w	11,3w
10.30	1,3w	11,5w
11.00	1,3w	12,3w

1. Analisis Data Sebelum Dan Sesudah Pembersihan:

Data Sebelum Pembersihan:

- Daya bervariasi dari 1,3 watt hingga 2,2 watt selama periode waktu yang diuji.
- Nilai daya cenderung rendah dan konsisten, dengan fluktuasi kecil.

Data Sesudah Pembersihan:

- Setelah pembersihan, nilai daya mengalami peningkatan yang signifikan. Daya bervariasi dari 10,3 watt hingga 12,3 watt.
- Ada kenaikan daya yang konsisten pada setiap interval waktu yang diukur.

2. Perbandingan Daya Sebelum Dan Sesudah Pembersihan:

Peningkatan Daya:

- Terdapat peningkatan daya yang signifikan setelah pembersihan. Misalnya:
 - Pada pukul 08.00, meningkat dari 1,3 watt menjadi 10,3 watt

(peningkatan 9 watt).

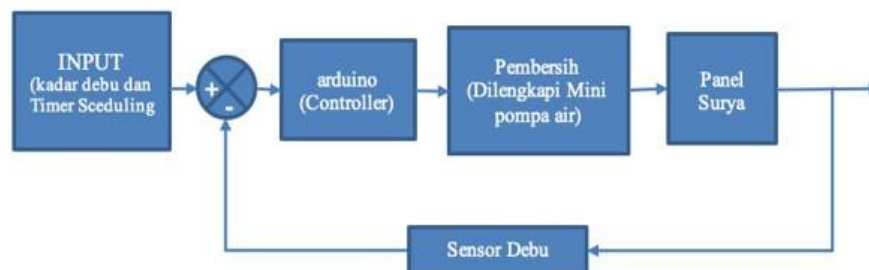
- Pada pukul 08.30, meningkat dari 2,2 watt menjadi 10,7 watt (peningkatan 8,5 watt).
- Peningkatan signifikan terus terlihat hingga pukul 11.00, di mana daya mencapai 12,3 watt.

Proses pembersihan secara signifikan berpengaruh terhadap peningkatan daya yang diukur. Kenaikan daya ini menunjukkan bahwa mungkin ada faktor kotoran atau penghalang lain yang mengurangi efisiensi daya sebelum pembersihan.

Dari hasil yang diperoleh dapat disarankan bahwa pembersihan yang dilakukan sangat efektif dalam meningkatkan performa atau efisiensi sistem yang diuji.

Untuk analisis lebih mendalam, mungkin diperlukan data lebih lanjut, seperti faktor lain yang dapat mempengaruhi daya (misalnya suhu, kelembapan, atau beban) selama pengukuran.

Dengan data yang ada, bisa disimpulkan bahwa pembersihan tersebut memberikan dampak positif yang signifikan terhadap kinerja daya.

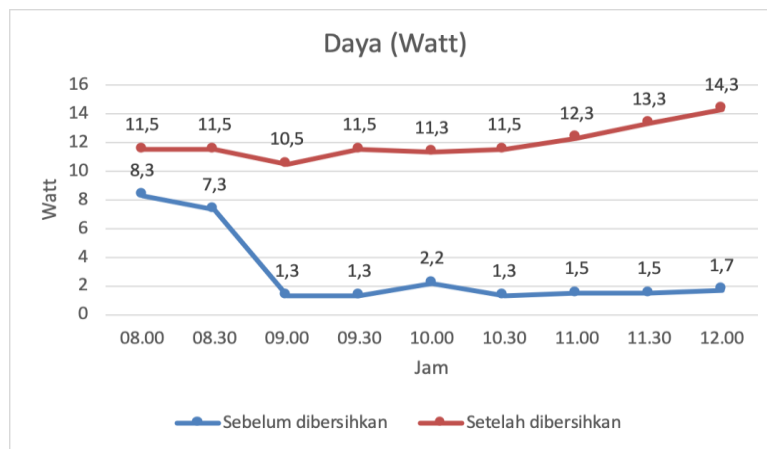


Gambar 4. Blok Diagram Kerja Alat

Tabel 2. Tabel Percobaan Adanya Daun Pada Panel Surya

Waktu uji	Sebelum di bersihkan			Sesudah di bersihkan		
	V	A	W	V	A	W
08.00	9,3	0,20	8,3	15,3	0,40	11,5
08.30	9,4	0,11	7,3	11,3	0,40	11,5
09.00	10,5	0,11	1,3	16,3	0,33	10,5
09.30	10,3	0,10	1,3	14,5	0,35	11,5
10.00	9,2	0,15	2,2	17,1	0,30	11,3

10.30	10,7	0,11	1,3	13,7	0,40	11,5
11.00	10,3	0,10	1,5	14,7	0,45	12,3
Rata-rata	9,3v	0,10	1,3	14,5	0,40	11,5



Gambar 4. Grafik Perbandingan Daya Keluar Panel Surya Sebelum Dan Sesudah Daun Dibersihkan

Dari data pada Tabel 2 dapat dianalisa bahwa:

1. Kenaikan Nilai (V) dan (W):

- Rata-rata nilai V sebelum dibersihkan adalah 9,3, sedangkan sesudah dibersihkan menjadi 14,5. Ini menunjukkan peningkatan yang signifikan setelah pembersihan
- Nilai W juga mengalami peningkatan dari 11,5 menjadi 11,5 (tetap). Ini menunjukkan bahwa walaupun nilai W tidak berubah, penting untuk memperhatikan bahwa nilai W sebelum dibersihkan lebih rendah dari rata-rata sesudah dibersihkan.

2. Perubahan Nilai A:

Nilai A meningkat dari 0,10 menjadi 0,40. Kenaikan ini menunjukkan kemungkinan peningkatan kondisi atau kualitas setelah dibersihkan

3. Waktu Terbaik:

Berdasarkan tabel, waktu uji yang menunjukkan nilai V tertinggi sesudah dibersihkan terjadi pada pukul 10.00 dengan nilai 17,1. Ini dapat menunjukkan bahwa waktu tersebut merupakan waktu optimum untuk proses pembersihan.

4. Stabilitas Nilai (A) Setelah pembersihan

Meskipun terjadi peningkatan, perlu dicatat bahwa data menunjukkan variasi kecil di antara waktu-waktu pengukuran untuk A setelah pembersihan. Nilai terendah 0,30 menunjukkan fluktuasi.

Secara umum, analisis menunjukkan bahwa proses pembersihan memberikan manfaat yang signifikan terhadap parameter V dan A. Meskipun nilai W tidak berubah, peningkatan pada elemen lainnya menunjukkan bahwa pembersihan secara keseluruhan memberikan efek positif.

IV. SIMPULAN

Sesuai dengan hasil perancangan di atas, maka dapat diambil beberapa kesimpulan untuk melengkapi hasil dari rancang bangun rancang bangun alat pembersih panel surya dengan *time scheduling* adalah sebagai berikut:

- Telah dibuat rancang bangun rancang bangun alat pembersih panel surya dengan *time scheduling*
- Alat pembersih panel surya ini dirancang berbasis arduino dengan menggunakan penggerak motor yang di

- control oleh motor driver yang di program oleh Arduino (flowchart), membuat kerangka bentuk alat, menyambungkan seluruh rangkaian, dan cara untuk pemasangan setiap komponen.
- c. Cara mengendalikan alat pembersih panel surya ini dirancang dengan menggunakan sistem control dari Arduino yang di program untuk menghidupkan sensor infra merah sebagai system kontrol input atau output. Input (masukan) pada rangkain sistem kontrol alat dihubungkan dengan Output dari rangkaian. Sedangkan Output (keluaran) dihubungkan dengan sebuah relay yang berfungsi sebagai switch otomatis untuk menghidupkan dan mematikan 4 motor DC penggerak dan 1 motor DC *height speed*.
 - d. Agar motor penggerak aktif, sensor infra merah yang dipasang pada bagian samping alat dihubungkan dengan Arduino. Sensor akan mendeteksi pembatas panel surya agar tidak melewati panel surya tersebut, sehingga dapat bergerak bolak balik.
 - e. Rangkaian sistem pembersih panel surya berbasis arduino yang di uji dengan panel surya 17.8 V dengan daya 50Wp.

Scheduled Automatic Cleaning System of Dust Accumulation for Optimizing Solar Power Efficiency,” in *2023 10th IEEE International Conference on Power Systems (ICPS)*, IEEE, Dec. 2023, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICPS60393.2023.10428706

- [5] J. Philip, A. Boross, S. J. Voss, C. A. Clarke, A. Golnas, and N. S. Cherukupalli, “Methods and systems for schedule-based and alert-based cleaning of pv systems,” Oct. 08, 2015 [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/US20160104084A1/en>
- [6] Data sheet Arduino Uno, <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf>
- [7] “Solar Panels,” *European Journal of Renewable Energy*, vol. 9, no. 1, Dec. 2024, doi: 10.13187/ejre.2024.1.17.
- [8] M. O. Karaağaç, A. Ergün, O. Arslan, and M. Kayfeci, “Introduction to solar panels,” Elsevier BV, 2023, pp. 541–556. doi: 10.1016/b978-0-443-19017-9.00011-8. <https://mbsecctv.com/news/jenis-panel-surya/>
- [9] <https://www.microthings.id/product/dust-monitoring-system-for-solar-panel-r>

V. RUJUKAN

- [1] Q. Zhang, X. Lu, and J. Hu, “A solar panel cleaning system based on a linear piezoelectric actuator,” in *2013 Symposium on Piezoelectricity, Acoustic Waves, and Device Applications*, IEEE, Oct. 2013, pp. 1–4. doi: 10.1109/SPAWDA.2013.6841061.
- [2] H. Kawamoto, “Electrostatic cleaning equipment for dust removal from soiled solar panels,” *J. Electrostat.*, vol. 98, pp. 11–16, Mar. 2019, doi: 10.1016/j.elstat.2019.02.002.
- [3] M. S. M., “Automatic Solar Panel Cleaning System,” *INTERANTIONAL J. Sci. Res. Eng. Manag.*, vol. 08, no. 04, pp. 1–5, Apr. 2024, doi: 10.55041/IJSREM29809.
- [4] M. T. Islam Mim, M. A. Imtiaz Anik, R. Islam, S. Kabir, M. A. Islam, and A. Shufian, “Design and Development of a Time

