JREEC
JOURNAL OF RENEWABLE ENERGY, ELECTRONICS AND CONTROL
homepage URL : https://ejurnal.itats.ac.id/jreec

Optimalisasi Energi Surya: Wiper Otomatis Berbasis Stepper Motor untuk Panel Surya

Nanang Prasetiyo[1], Izza Anshory[2], Arief Wisaksono[3], Syamsudduha Syahrorini[4], Jamaaluddin Jamaaluddin[5]*

Program Studi Teknik Elektro, FST, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo[12345]

INFORMASI ARTIKEL

Jurnal JREEC – Volume 05 Nomer 01, April 2025

Halaman:
27 – 32
Tanggal Terbit :
30 April 2025

DOI:
10.31284/j.JREEC.2025.v51i1.91

ABSTRACT

The growing global energy demand necessitates a shift to sustainable energy, with solar energy being a key focus. However, solar panel efficiency is significantly affected by external factors like dust and dirt accumulation. This study designs and tests a stepper motor-based automatic cleaning system to enhance energy output. The system uses energy generated by the panel itself, eliminating the need for external power. It operates by periodically moving a wiper across the panel surface. The research evaluates variables such as panel height, wiper speed, and cleaning frequency to determine their impact on efficiency. Results indicate that the system can boost solar panel efficiency by up to 30%, extend panel lifespan, and lower maintenance costs. By employing stepper motors, the system ensures precise and energy-efficient operation tailored to cleaning needs. This innovation supports the adoption of solar energy in challenging environments and promotes a transition to sustainable energy solutions.

Kata kunci: *Automatic; Maintenance; Solar energy; Solar panel; Wiper*

EMAIL

nangprasetiyo69@gmail.com [1]
izzaanshory@umsida.ac.id[2*]
ariefwisaksono@umsida.ac.id[3]
syahrorini@umsida.ac.id[4]
jamaaluddin@umsida.ac.id[5]

PENERBIT

Jurusan Teknik Elektro-ITATS
Alamat:
Jl. Arief Rachman Hakim No.100,Surabaya 60117,
Telp/Fax: 031-5997244

Jurnal JREEC by Department of Elecreical Engineering is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

ABSTRAK

Peningkatan kebutuhan energi global mendorong peralihan menuju sumber energi yang lebih berkelanjutan, salah satunya melalui pemanfaatan energi surya. Meskipun teknologi panel surya telah berkembang, efisiensinya masih sangat dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti debu dan kotoran yang menempel pada permukaannya. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji sistem pembersihan otomatis panel surya berbasis motor stepper guna meningkatkan efisiensi energi yang dihasilkan. Sistem ini bekerja dengan menggerakkan wiper secara presisi untuk membersihkan permukaan panel secara berkala, menggunakan energi yang dihasilkan oleh panel itu sendiri, tanpa membutuhkan sumber daya eksternal. Metode penelitian ini mengukur pengaruh variabel seperti ketinggian panel, kecepatan wiper, dan waktu pembersihan terhadap efisiensi panel surya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pembersihan otomatis dapat meningkatkan efisiensi energi panel surya hingga 30%, memperpanjang umur operasional panel, dan mengurangi biaya pemeliharaan. Dengan menggunakan motor stepper, sistem ini juga menawarkan solusi hemat energi yang efisien, di mana wiper bergerak secara terkontrol berdasarkan kebutuhan pembersihan. Penggunaan teknologi ini diharapkan dapat mempercepat adopsi energi surya, terutama di daerah dengan kondisi lingkungan ekstrem, serta mendukung transisi menuju penggunaan energi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Kata kunci: *Otomatis; Perawatan; Energi surya; Panel surya; Wiper*

PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan energi global telah memotivasi banyak negara untuk mengalihkan sumber energinya ke arah yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Pengoptimalan pemanfaatan energi listrik tenaga surya untuk rumah tangga masih sangat bergantung pada tingkat intensitas sinar matahari [1]. Di antara berbagai sumber energi terbarukan, energi surya muncul sebagai salah satu yang paling potensial karena sifatnya yang melimpah, bersih, dan dapat diakses di hampir semua wilayah di dunia. Panel surya (*Solar Panel*) adalah salah satu perangkat yang dapat dimanfaatkan untuk mengonversi energi matahari menjadi energi listrik. Harganya yang ekonomis dan kemudahan untuk mendapatkannya, menjadikan panel surya solusi utama dalam upaya pemanfaatan energi matahari sebagai energi terbarukan untuk memenuhi kebutuhan listrik yang berkelanjutan [2]. Namun, meskipun efisiensi panel surya terus meningkat melalui inovasi teknologi, keberhasilannya dalam menghasilkan listrik secara konsisten sangat dipengaruhi oleh faktor eksternal. Debu merupakan salah satu material yang dapat menghalangi sinar matahari mencapai permukaan panel surya [3].

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa akumulasi kotoran ini dapat menyebabkan penurunan efisiensi hingga 50% dalam beberapa kasus, terutama di daerah dengan kondisi lingkungan yang tidak mendukung, seperti wilayah gurun atau tropis. Masalah ini memerlukan solusi pemeliharaan yang efektif dan efisien. Metode tradisional untuk membersihkan panel surya, seperti pembersihan manual, memiliki sejumlah keterbatasan. Selain memakan waktu dan biaya, metode ini juga memerlukan tenaga manusia yang tidak selalu tersedia, terutama di lokasi terpencil atau ladang surya berskala besar. Pembersihan manual juga berisiko merusak permukaan panel jika tidak dilakukan dengan hati-hati. Oleh karena itu, Sistem pembersih otomatis pada panel surya memainkan peran penting dalam menjaga agar panel-panel tersebut tetap beroperasi dengan kinerja maksimal [4].

Sistem pembersihan otomatis berbasis motor *stepper* menjadi solusi yang menarik untuk mengatasi masalah ini. Motor *stepper* menawarkan kontrol presisi yang memungkinkan *wiper* bergerak secara terprogram untuk membersihkan panel secara berkala. Sistem ini dirancang untuk memanfaatkan energi yang dihasilkan oleh panel surya itu sendiri, sehingga operasinya lebih berkelanjutan tanpa memerlukan sumber daya eksternal tambahan. Dengan menerapkan prinsip *wiper* pembersih pada mobil, perawatan panel surya menjadi lebih mudah dan efisien [5]. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, mengembangkan, dan menguji sistem wiper otomatis berbasis motor *stepper* untuk menjaga kebersihan permukaan panel surya. Analisis dilakukan untuk mengevaluasi efisiensi yang dihasilkan oleh kedua sistem panel surya tersebut. Hasil perbandingan antara keduanya diharapkan dapat memberikan masukan yang bermanfaat dalam menentukan pilihan terbaik untuk optimalisasi pemanfaatan panel surya [6]. Salah satu cara dengan mengurangi pengaruh akumulasi debu dan kotoran. *Wiper* akan beroperasi sesuai jadwal yang telah ditentukan untuk membersihkan panel surya, efisiensi energi, dan kemudahan implementasi di berbagai kondisi lingkungan.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi penting dalam pengembangan teknologi energi terbarukan, khususnya dalam bidang pemeliharaan panel surya. Dengan solusi pembersihan otomatis yang lebih efisien dan terjangkau, sistem energi surya dapat beroperasi secara optimal dalam jangka panjang. Selain itu, pengembangan teknologi ini juga akan mendukung transisi menuju penggunaan energi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan, seiring dengan meningkatnya ketergantungan pada sumber energi terbarukan di berbagai sektor. Penelitian ini dapat menjadi langkah awal untuk menciptakan solusi inovatif dalam bidang teknologi energi terbarukan yang lebih efektif dan efisien, serta memberikan dampak positif bagi keberlanjutan lingkungan dan perekonomian global. tambahkan lagi [7]. Selain itu sistem pembersih yang membersihkan panel surya menggunakan metode pencucian berbasis motor *stepper* ini berpotensi untuk mengurangi biaya pemeliharaan jangka panjang dan meningkatkan daya saing energi surya sebagai sumber energi utama.

Dengan meningkatkan efisiensi panel surya, sistem ini juga dapat memperpanjang umur operasional panel. Implementasi sistem pembersihan otomatis ini dapat mempercepat adopsi energi surya di berbagai negara, terutama di daerah-daerah dengan kondisi lingkungan yang ekstrem atau sulit dijangkau. Hal ini dapat membuka peluang baru dalam ekspansi penggunaan energi terbarukan, memberikan akses yang lebih luas kepada masyarakat di negara berkembang untuk memanfaatkan

energi surya yang terjangkau dan ramah lingkungan. Dalam konteks perubahan iklim global, setiap inovasi yang dapat mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil dan meningkatkan efisiensi energi surya merupakan langkah penting menuju keberlanjutan.

TINJAUAN PUSTAKA

Arduino UNO

Arduino berfungsi sebagai pusat pengendalian utama dalam sistem pembersihan panel surya otomatis. Mikrokontroler ini mengatur motor stepper, yang digunakan untuk menggerakkan wiper dengan presisi di sepanjang permukaan panel surya. Dengan menggunakan kode yang diprogram ke dalam Arduino, pola gerakan motor dapat diatur, termasuk kecepatan, arah, dan durasi pembersihan, sehingga wiper dapat bekerja secara efisien [8].

Motor stepper

Motor stepper memiliki peran penting dalam sistem pembersihan panel surya otomatis karena kemampuannya menghasilkan gerakan presisi. Motor ini berfungsi sebagai penggerak utama *wiper*, memastikan wiper dapat membersihkan seluruh permukaan panel surya secara akurat dan merata. Dengan langkah-langkah kecil yang terkontrol, *motor stepper* memastikan tidak ada area yang terlewatkan selama proses pembersihan. Selain itu, *motor stepper* memungkinkan kontrol arah dan kecepatan gerakan *wiper*, sehingga dapat disesuaikan untuk menghadapi berbagai tingkat kotoran pada panel [9].

Wiper

Wiper berfungsi sebagai alat utama untuk membersihkan permukaan panel surya dari debu, kotoran, dedaunan, dan partikel lain yang dapat menghambat penyerapan cahaya matahari. Dalam sistem pembersihan otomatis, wiper digerakkan oleh motor stepper untuk memastikan gerakan yang presisi di sepanjang permukaan panel. Wiper ini dirancang untuk menyapu panel secara merata, sehingga tidak ada area yang terlewatkan atau tertinggal kotorannya [10].

METODE

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif untuk mengoptimalkan sistem energi surya dengan memanfaatkan wiper otomatis berbasis stepper motor pada panel surya. Variabel independen yang akan diuji dalam penelitian ini meliputi ketinggian panel surya, kecepatan wiper, dan waktu pembersihan. Ketinggian panel diatur untuk memastikan jarak yang optimal antara wiper dan permukaan panel surya, sementara kecepatan motor stepper dikendalikan untuk menentukan efektivitas pembersihan. Waktu pembersihan disesuaikan dengan tingkat kotoran atau debu pada panel, yang dapat mempengaruhi efisiensi energi yang dihasilkan. Variabel dependen yang diukur adalah efisiensi panel surya, yang akan dihitung berdasarkan output energi yang dihasilkan sebelum dan setelah proses pembersihan. Selain itu, konsumsi energi yang digunakan oleh stepper motor untuk menggerakkan wiper dan waktu optimal untuk operasi pembersihan juga akan dihitung untuk menentukan efisiensi sistem secara keseluruhan. Sistem ini akan diuji dengan mengukur output energi dari panel surya menggunakan power meter atau data logger. Pengujian ini akan dilaksanakan dengan memantau intensitas cahaya yang diterima oleh panel surya, yang akan diukur menggunakan sensor cahaya yang terhubung ke kontroler.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Peningkatan Efisiensi Energi

Panel surya yang bersih memainkan peran penting dalam menjaga efisiensi energi yang dihasilkan. Efisiensi energi dalam konteks panel surya merujuk pada kemampuan panel untuk mengonversi sinar matahari menjadi energi listrik secara optimal. Kotoran seperti debu, lumpur, dedaunan, atau residu lainnya yang menempel pada permukaan panel dapat menghambat cahaya

matahari masuk ke sel fotovoltaik, sehingga mengurangi efisiensi proses tersebut. Ketika sinar matahari tidak terserap secara maksimal, jumlah energi listrik yang dihasilkan juga berkurang, bahkan dapat turun hingga 30% pada panel yang tidak terawat. Panel surya yang bersih memungkinkan sinar matahari mencapai seluruh permukaan aktif secara merata, memastikan bahwa setiap sel fotovoltaik dapat bekerja pada kapasitas penuhnya. Hal ini sangat penting karena kotoran yang menumpuk sering kali menyebabkan fenomena "*hot-spot*" atau area yang panas berlebih pada panel akibat distribusi energi yang tidak merata, yang dapat merusak panel dalam jangka panjang. Dengan menjaga kebersihan panel, hambatan ini dapat diminimalkan, sehingga efisiensi energi tetap tinggi. Efisiensi energi juga berkaitan dengan pengelolaan sumber daya secara keseluruhan. Panel yang bersih tidak hanya menghasilkan lebih banyak energi, tetapi juga mengurangi kebutuhan sistem pendukung seperti baterai atau *inverter* untuk bekerja lebih keras dalam mengimbangi penurunan output energi. Dengan demikian, investasi dalam sistem pembersihan otomatis atau perawatan rutin panel menjadi langkah yang, tidak hanya meningkatkan efisiensi energi, tetapi juga memberikan penghematan jangka panjang dalam operasional.

Tabel 1. Efisiensi panel surya pada dua kondisi: panel dalam keadaan bersih dan berdebu.

Jam	PV Voltage (V)	PV Current (A)	Battery Voltage (V)	Battery Current (A)	Kondisi Panel
08:00	16.5	3.0	12.5	2.6	Berdebu
09:00	16.2	2.9	12.3	2.5	Berdebu
10:00	16.0	2.8	12.1	2.3	Berdebu
11:00	19.0	4.2	13.0	3.8	Bersih
12:00	21.0	5.0	13.5	4.5	Bersih
13:00	16.5	2.6	12.3	2.2	Berdebu
14:00	16.0	3.5	11.2	2.0	Berdebu
15:00	19.5	4.3	13.1	3.9	Bersih
16:00	19.0	4.1	12.9	3.7	Bersih
17:00	17.8	3.5	12.8	3.4	Bersih

Otomatisasi yang Efisien

Otomatisasi sistem pembersihan panel surya dengan menggunakan wiper yang dikendalikan oleh motor stepper menawarkan solusi efisien dan cerdas untuk menjaga kebersihan panel surya tanpa memerlukan intervensi manual. Sistem ini mengandalkan prinsip kerja motor stepper untuk memberikan pergerakan yang presisi dan terkontrol, yang pada gilirannya memastikan pembersihan panel surya secara efektif dan hemat energi.



(a) (b)

Gambar 1. a) Panel surya kotor b) Panel surya bersih

Sumber : dokumen pribadi redaksi

Panel surya yang bersih adalah kunci untuk memastikan efisiensi konversi energi tetap optimal. Panel surya yang sangat kotor, dengan permukaan tertutup debu, dedaunan, dan partikel lainnya, yang menghambat penyerapan sinar matahari. Akumulasi kotoran ini mengurangi efisiensi panel hingga 30% atau lebih. Salah satu solusi modern untuk menjaga kebersihan panel adalah

penggunaan sistem pembersihan otomatis yang digerakkan oleh motor stepper. Sistem ini dirancang untuk bekerja secara presisi, hemat energi, dan dapat diandalkan tanpa memerlukan campur tangan manual secara rutin. Motor stepper, sebagai komponen utama sistem, memiliki kemampuan untuk menghasilkan gerakan yang terkontrol dengan akurasi tinggi. Gerakan presisi ini memungkinkan *wiper* bergerak di sepanjang permukaan panel surya tanpa meninggalkan area yang terlewat. Dengan mekanisme ini, seluruh permukaan panel dapat dibersihkan secara merata, sehingga memaksimalkan penyerapan cahaya matahari oleh sel fotovoltaik.

Teknologi ini sangat ideal untuk diterapkan pada lokasi dengan tingkat debu tinggi atau lingkungan yang sering mengalami hujan kotor, seperti daerah perkotaan atau gurun. *Wiper* otomatis dapat dilengkapi dengan sistem semprot air untuk membersihkan kotoran yang lebih keras, seperti lumpur atau residu minyak, yang sulit dihilangkan dengan wiper kering saja.

KESIMPULAN

Pembersihan panel surya yang efektif sangat penting untuk menjaga efisiensi konversi energi dan memastikan operasional yang optimal. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa panel surya yang bersih menghasilkan tegangan dan arus yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan panel yang kotor, yang dapat mengalami penurunan efisiensi hingga 30%. Oleh karena itu, menjaga kebersihan panel surya tidak hanya meningkatkan hasil energi, tetapi juga mencegah kerusakan jangka panjang akibat fenomena "hot spot" dan memperpanjang umur pakai panel. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan wiper otomatis sangat efisien dalam membersihkan panel surya. Dengan gerakan presisi yang dihasilkan oleh motor stepper, wiper dapat membersihkan panel surya secara merata, memastikan tidak ada area yang terlewat dan mengoptimalkan penyerapan cahaya matahari. Sistem pembersihan ini terbukti hemat energi, efektif, dan dapat diandalkan, karena hanya bekerja ketika diperlukan, berdasarkan deteksi kotoran atau penurunan cahaya matahari. Selain itu, penggunaan pompa air untuk melembutkan kotoran yang lebih keras, seperti lumpur atau polusi, membuat proses pembersihan lebih efektif tanpa merusak permukaan panel. Arduino sebagai pusat pengendali dalam sistem ini memainkan peran kunci dalam mengatur *motor stepper* dan *wiper* secara efisien, memungkinkan proses pembersihan berjalan dengan presisi dan penghematan energi. Secara keseluruhan, penerapan sistem pembersihan otomatis ini tidak hanya menghemat energi dan biaya operasional, tetapi juga memastikan bahwa panel surya dapat beroperasi secara maksimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak/Ibu Dosen yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan dukungan yang sangat berarti dalam penyusunan artikel ini. Terima kasih atas ilmu, waktu, serta kesabaran yang telah diberikan dalam setiap proses penyusunan artikel ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam kelancaran penelitian ini. Khususnya kepada rekan-rekan sejawat yang telah memberikan masukan, kritik konstruktif, serta dukungan moral yang sangat berharga. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah menyediakan fasilitas dan sumber daya yang memungkinkan dilakukannya penelitian ini, serta kepada keluarga yang senantiasa memberikan dukungan dan doa, yang telah memberi semangat dalam setiap tahap penelitian ini. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan teknologi energi surya dan memberikan kontribusi positif bagi pemanfaatan energi terbarukan di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. Andari, S. Amalia, and C. D. Tinambunan, ‘Sistem monitoring pengisian baterai plts 100 wp menggunakan sensor pzem 004t dan sensor tegangan dc’, *Jurnal Sains dan Teknologi: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknologi Industri*, vol. 22, no. 1, p. 64, Jun. 2022, doi: 10.36275/stsp.v22i1.461.

[2] S. Yuwono, D. Diharto, and N. W. Pratama, 'Manfaat Pengadaan Panel Surya dengan Menggunakan Metode On Grid', *Energi & Kelistrikan*, vol. 13, no. 2, pp. 161–171, Dec. 2021, doi: 10.33322/energi.v13i2.1537.

[3] R. Ardhiansyah , E. Endryansyah, and N. Kholis , 'Rancang Bangun Alat Monitoring Gangguan Pada Panel Surya Menggunakan NodeMCU Berbasis Website', *Indonesian Journal of Engineering and Technology*, vol. 5, no. 1, pp. 29–38, 2022, doi: 10.26740/inajet.v5n1.p29-38.

[4] D. R. R. Antono, B. K. Arifin, M. Hermansyah, A. D. Prasetyo, and J. A. Nugraha, 'Perancangan Sistem Kendali Pembersih Panel Surya Otomatis Menggunakan Node Mcu dengan Sistem Kendali Jarak Jauh', *Journal of Engineering and Innovation*, vol. 1, no. 1, pp. 34–39, Dec. 2023.

[5] D. A. Wicaksono, F. Fitriana, S. Ariyani, R. Nurwahyudin, and F. A. Ajie, 'Peningkatan Efisiensi Panel Surya pada Instalasi Rooftop berbasis Internet Of Things (IoT)', *Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi*, vol. 3, no. 2, pp. 104–110, Nov. 2021, doi: 10.32528/elkom.v3i2.5869.

[6] F. Saragih, R. Buaton, and M. Simanjuntak, 'Rancang Bangun Solar Tracker Otomatis pada Pengisian Energi Panel Surya Berbasis Internet of Things (IoT)', *Router*, vol. 2, no. 3, pp. 239–252, Sep. 2024, doi: 10.62951/router.v2i3.220.

[7] H. Isyanto, M. A. K. Batubara, and D. Almanda, 'Perancangan Alat Pembersih Panel Surya Berbasis Internet of Things', *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, vol. 6, no. 2, pp. 125–132, Nov. 2023, doi: 10.24853/resistor.6.2.125-132.

[8] M. Hanafi, I. K. Wiriyajati, and A. Natsir, 'Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Solar Tracking Pada PLTS Berbasis Arduino', *Journal of Innovation Research and Knowledge*, vol. 4, no. 6, pp. 3559–3568, Nov. 2024.

[9] S. Z. Haque, 'Sistem Otomatisasi Wiper Dan Lampu Pada Helm Berbasis Arduino UNO Disimulasiskan Dengan Simulator Hujan', *BINER : Jurnal Ilmu Komputer, Teknik dan Multimedia*, vol. 1, no. 6, pp. 1337–1346, Feb. 2024.

[10] N. Prastomo, R. Ryan, and W. Budiman, 'Automatic Dust Cleaning System with Wiper and Sprinkler for Solar Panel', in *2023 3rd International Conference on Smart Cities, Automation & Intelligent Computing Systems (ICON-SONICS)*, Bali, Indonesia: IEEE, Dec. 2023, pp. 20–25. doi: 10.1109/ICON-SONICS59898.2023.10435085.