



SISTEM PEMBERSIH PANEL SURYA OTOMATIS DENGAN METODE WIPER BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT) UNTUK MENGATASI *SOILING LOSS* DAN *HOT SPOT* PADA PANEL SURYA

Dika Satria¹, Luthfan Akmal Faturrahman², Fajar Eka Subagja³,
Arkan Dhia Saputro⁴, Muhammad Rifki Abdul J⁵, Dian Budhi Santoso⁶

^{1,2,3,4,6} Teknik Elektro, Fakultas Teknik

⁵ Teknik Mesin, Fakultas Teknik

Universitas Singaperbangsa Karawang

¹2110631160007@student.unsika.ac.id, ²2110631160011@student.unsika.ac.id

³2110631160009@student.unsika.ac.id, ⁴2110631160004@student.unsika.ac.id,

⁵2210631150089@student.unsika.ac.id, ⁶dian.budhi@ft.unsika.ac.id

ABSTRACT

This research presents Smasocell, an IoT-based automated solar panel cleaning system designed to address efficiency losses caused by dust accumulation. The objective is to enhance solar panel performance by implementing real-time monitoring and scheduled cleaning functions. The system, controlled by a Wemos D1 Mini microcontroller, is connected to Firebase for remote scheduling and monitoring through a mobile application. The Smasocell system is equipped with dust and power sensors to assess panel efficiency before and after cleaning. Experimental results showed an improvement in average power output from 3.61 W to 3.66 W after cleaning, indicating a 1.39% increase in efficiency. This improvement demonstrates that Smasocell can effectively reduce the adverse effects of dust on solar panels, offering a practical and low-maintenance solution for optimizing solar energy generation.

Keywords: *Panel Surya; Pembersihan Otomatis; Efisiensi Energi; Internet of Things (IoT)*

ABSTRAK

Penelitian ini memperkenalkan Smasocell, sebuah sistem pembersihan panel surya otomatis berbasis IoT yang dirancang untuk mengatasi penurunan efisiensi akibat penumpukan debu pada permukaan panel surya. Tujuan dari penelitian ini adalah meningkatkan kinerja panel surya melalui pemantauan *real-time* dan fungsi pembersihan yang terjadwal. Sistem ini dikendalikan oleh mikrokontroler Wemos D1 Mini dan terhubung ke Firebase untuk penjadwalan serta pemantauan jarak jauh melalui aplikasi seluler. Smasocell dilengkapi dengan sensor debu dan daya untuk mengevaluasi efisiensi panel sebelum dan sesudah pembersihan. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan rata-rata daya dari 3,61 W menjadi 3,66 W setelah proses pembersihan, yang mencerminkan peningkatan efisiensi sebesar 1,39%. Peningkatan ini menunjukkan bahwa Smasocell dapat secara efektif mengurangi dampak negatif debu pada panel surya, menawarkan solusi praktis dan rendah perawatan untuk optimasi pembangkitan energi surya.

Kata Kunci: *Solar Panel; Automatic Cleaning; Energy Efficiency; Internet of Things (IoT)*

I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi baru terbarukan semakin meningkat seiring dengan berkembangnya pemahaman masyarakat mengenai dampak lingkungan untuk menjamin keberlangsungan kehidupan yang layak dimasa depan [1]. Energi terbarukan yang potensial di Indonesia adalah energi matahari memiliki intensitas radiasi matahari rata-rata sekitar 4.8 kWh/m² per hari di seluruh wilayah Indonesia [2]. Dalam upaya pencarian sumber energi baru sebaiknya memenuhi syarat yaitu menghasilkan jumlah energi yang cukup besar, biaya ekonomis dan tidak berdampak negatif terhadap lingkungan [3]. Dengan menggunakan panel surya masyarakat mendapatkan manfaat dalam menggunakan energi listrik dimana energi matahari dari panel surya dapat mengurangi ketergantungan penggunaan energi listrik dari bahan fosil dan merusak lingkungan [4]. Pencemaran lingkungan kian marak terjadi membuat wilayah Karawang mejadi salah satu kota dengan polusi udara terburuk. Hal ini merupakan resiko yang ditimbulkan dari pembangunan industri dan perumahan yang kian bertambah dari tahun ke tahun [5].

Daerah Karawang adalah sebuah refleksi atas dua masalah krusial: pertama, tingginya tingkat polusi udara dan debu yang sering kali melanda daerah ini, dan kedua, kebutuhan akan pemanfaatan energi terbarukan seperti panel surya untuk mendukung keberlanjutan energi. Karawang dan daerah serupa di Indonesia sering kali mengalami polusi udara yang disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk industri, lalu lintas, dan faktor-faktor alam seperti angin kering dan cuaca yang jarang turun hujan. Polusi udara ini dapat menyebabkan penumpukan debu pada permukaan panel surya, yang selanjutnya mengurangi efisiensi konversi energi matahari menjadi listrik. Efisiensi panel surya yang menurun mengarah pada produksi listrik yang berkurang, yang berdampak pada ketersediaan energi terbarukan yang diharapkan. Selain itu penumpukan debu pada permukaan panel surya menyebabkan *snailtrack* pada panel surya.

Pada suatu penelitian pada [3] yang berjudul “Perancangan Prototipe Alat Pembersih Panel Surya dengan Sistem Gerak Otomasi”. Dalam penelitian ini bertujuan untuk merancang prototipe alat pembersih panel surya selanjutnya mengetahui bagaimana kinerja dari alat pembersih panel surya dengan sistem

otomasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk membersihkan panel surya sekali jalan membutuhkan air sebesar 98,571 cm³ dan untuk percepatan sekali jalan robot memerlukan kecepatan 3,75 cm/s.

Berdasarkan permasalahan diatas penulis merancang sebuah inovasi yaitu ”Smasocell: Sistem Pembersih Panel Surya Otomatis dengan Metode *Wiper* berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk Mengatasi *Soiling Loss* dan *Hot Spot* pada Panel Surya” sehingga efisiensi yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya lebih optimal dan dapat menghindari terjadinya efek *snailtrack*. Dengan mengintegrasikan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk otomasi dan *monitoring* jarak jauh, penelitian ini bertujuan untuk mengurangi *soiling losses* pada panel surya, yang pada akhirnya meningkatkan efisiensi konversi energi matahari. Selain itu, penelitian ini juga menyoroti pentingnya penerapan inovasi yang ramah lingkungan dan mendukung transisi menuju sumber energi terbarukan, sejalan dengan upaya pencapaian Indonesia era *Net Zero Emission* (NZE) 2060.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Surya

Salah satu energi alternatif yang berpotensi besar menjadi sumber energi alternatif adalah energi surya. Energi surya telah banyak digunakan di berbagai belahan dunia dan jika energi ini digunakan dan dimanfaatkan dengan tepat maka besar kemungkinan energi surya menjadi sumber energi untuk waktu yang lama [6].

2.2 *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah teknologi canggih yang bertujuan untuk memperluas manfaat konektivitas internet dengan menghubungkan berbagai benda di sekitar secara terus-menerus, sehingga aktivitas sehari-hari menjadi lebih mudah dan efisien. Secara sederhana, IoT bekerja dengan memanfaatkan instruksi pemrograman yang memungkinkan perangkat-perangkat yang terhubung dapat berkomunikasi dan berinteraksi secara otomatis tanpa campur tangan pengguna, bahkan dari jarak jauh [7].

2.3 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah komputer kecil yang dikemas dalam bentuk chip IC

(*Integrated Circuit*) dan dirancang untuk melakukan tugas atau operasi tertentu. Pada dasarnya, sebuah IC Mikrokontroler terdiri dari satu atau lebih Inti Prosesor (CPU), Memori (RAM dan ROM) serta perangkat *input* dan *output* yang dapat diprogram. Dalam pengaplikasiannya, mikrokontroler ini digunakan dalam produk ataupun perangkat yang dikendalikan secara otomatis seperti sistem kontrol mesin mobil, perangkat medis, pengendali jarak jauh, mesin, peralatan listrik, mainan dan perangkat-perangkat yang menggunakan sistem tertanam lainnya [8].

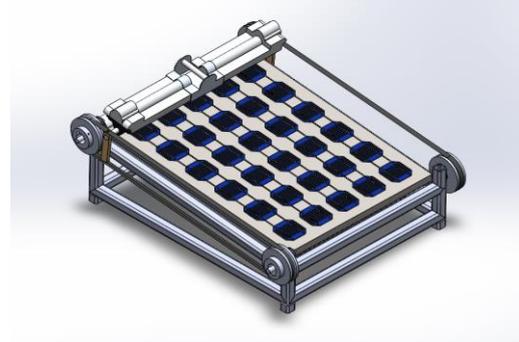
III. METODOLOGI

3.1 Rancangan Alat

Smasocell dirancang dengan sistem *Internet of Things* (IoT) yang memungkinkan perangkat ini bergerak secara otomatis dan dapat dipantau dari jarak jauh. Sistem pembersih pada Smasocell menggunakan *solenoid valve* sebagai katup air dan *wiper* yang terhubung dengan *pulley* dan *belt*, yang digerakkan oleh motor DC melalui *motor driver* L298N, sehingga *wiper* dapat bergerak bolak-balik pada permukaan panel surya. Pembersih ini akan aktif secara otomatis dan menyemprotkan air ketika debu pada permukaan panel surya melebihi ambang batas tertentu. Untuk memantau kondisi panel surya, Smasocell dilengkapi dengan sensor debu yang mengukur kadar polutan debu di permukaan, serta sensor daya yang mengukur tegangan, arus, dan daya keluaran dari panel surya. Selain itu, terdapat sensor DHT11 untuk memantau suhu dan kelembaban sekitar. Data dari semua sensor dapat dipantau melalui aplikasi yang terhubung dengan Firebase, menampilkan data dalam bentuk nilai dan riwayat sensor secara *real-time*. Indikator sistem menggunakan layar LCD 16x2 yang menampilkan informasi utama dari sensor. Sumber daya utama sistem ini berasal dari panel surya, yang dihubungkan ke *solar charge controller* dan baterai sebagai penyimpan daya, dengan opsi daya cadangan dari jaringan listrik PLN.

Smasocell ini didesain dengan menggunakan *wiper* sebagai media utama dengan ukuran 14 inch, dengan ditopang struktur meja berukuran panjang 470 mm x lebar 370 mm. Adapun komponen pendukung *wiper* tersebut yaitu *pulley* (*roller*) 3 inch dan *vbelt*, dengan dibantu dengan motor (jenis) sebagai penggerakannya. Pada rancangan ini,

wiper akan bergerak secara translasi mengikuti *vbelt* guna membersihkan debu/kotoran pada panel surya, dengan penggerak dua motor pada kedua sisi *pull*. Desain rancang bangun Smasocell dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain Smasocell

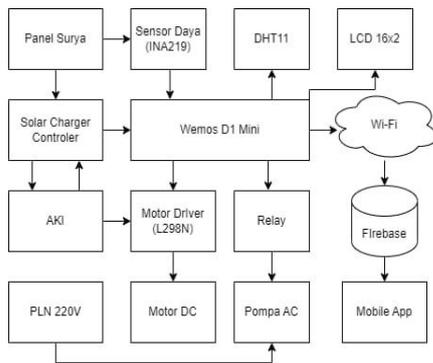
Selain itu, Smasocell juga dilengkapi dengan aplikasi Android. Aplikasi Smasocell ini dirancang untuk memonitor kondisi panel surya secara *real-time*. Aplikasi ini menampilkan beberapa parameter penting seperti daya, tegangan, arus, kelembaban (%), dan suhu ($^{\circ}\text{C}$) dari panel surya. Selain itu, aplikasi juga memiliki fitur penjadwalan otomatis untuk membersihkan panel surya. Pengguna dapat mengatur jadwal pembersihan pada waktu tertentu, yang kemudian akan diaktifkan secara otomatis sesuai waktu yang diatur. Antarmuka yang sederhana memudahkan pengguna untuk memantau dan menjaga performa panel surya dengan efisien, memastikan data selalu tersedia dan panel surya tetap bersih serta optimal. Desain dari aplikasi Smasocell terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain Aplikasi Smasocell

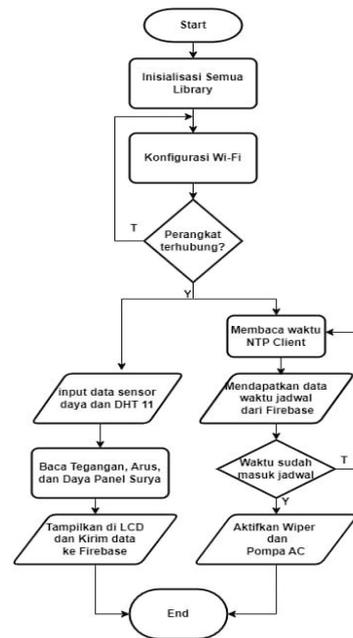
3.2 Diagram Sistem

Diagram blok pada Gambar 3 menunjukkan sistem Smasocell yang menggunakan Wemos D1 Mini sebagai pengendali utama untuk memonitor dan mengontrol panel surya. Panel surya menghasilkan listrik yang disimpan dalam baterai melalui *solar charge controller*. Wemos D1 Mini membaca data dari beberapa sensor, seperti sensor daya INA219 untuk tegangan dan arus, serta DHT11 untuk suhu dan kelembapan. Data tersebut ditampilkan di LCD 16x2 dan dikirim ke Firebase untuk ditampilkan di aplikasi mobile. Sistem ini juga mengontrol motor DC dan pompa air melalui *driver motor* dan *relay*, dengan suplai daya tambahan dari PLN 220V jika diperlukan.



Gambar 3. Diagram Blok Sistem Smasocell

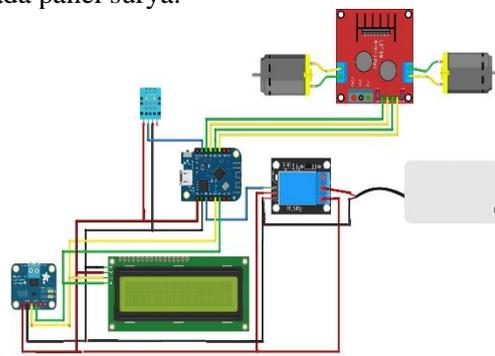
Selanjutnya, dapat dilihat diagram alir pada Gambar 4 yang menunjukkan proses kerja sistem Smasocell. Sistem dimulai dengan inialisasi *library* dan konfigurasi Wi-Fi. Jika perangkat terhubung ke jaringan, sistem akan membaca data sensor daya dan DHT11 untuk memantau tegangan, arus, dan daya panel surya, yang kemudian ditampilkan di LCD dan dikirim ke Firebase. Sistem juga memeriksa waktu menggunakan *NTP Client* dan jadwal yang tersimpan di Firebase. Jika waktu pembersihan sudah sesuai jadwal, sistem akan mengaktifkan wiper dan pompa AC untuk membersihkan panel surya.



Gambar 4. Diagram Alir Sistem Smasocell

3.3 Rangkaian Elektrik

Rangkaian elektrik Smasocell pada Gambar 5 menunjukkan sistem *monitoring* dan pembersihan otomatis pada panel surya menggunakan beberapa komponen elektronik utama. Wemos D1 Mini berperan sebagai pengendali utama yang menghubungkan berbagai sensor dan aktuator, serta mengirimkan data ke aplikasi Firebase untuk pemantauan jarak jauh. Sensor DHT11 dipakai untuk membaca suhu dan kelembapan lingkungan, sementara sensor INA219 digunakan untuk mengukur arus dan tegangan pada panel surya.



Gambar 5. Rangkaian Elektrik Smasocell

Motor DC pada rangkaian ini dikendalikan melalui modul *motor driver* L298N, yang memungkinkan *motor* berputar untuk menjalankan mekanisme pembersihan. Modul *relay* digunakan untuk mengontrol pompa air atau alat lain yang diperlukan dalam proses

pembersihan panel. Data yang diukur dari sensor dan informasi status sistem ditampilkan di layar LCD 16x2, sehingga pengguna dapat memantau kondisi panel secara lokal.

Keseluruhan sistem ini didukung oleh sumber daya yang diatur melalui kontroler pengisian surya (*solar charge controller*) yang terhubung ke aki dan panel surya. Dengan dukungan aplikasi, pengguna dapat mengatur jadwal pembersihan panel dan memantau kondisi panel dari jarak jauh, menjadikan sistem ini efisien dan mudah dikelola untuk mempertahankan performa panel surya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Daya Sebelum dan Sesudah Dibersihkan

Pengujian daya sebelum dan sesudah dibersihkan dilakukan untuk mengetahui apakah sistem Smasocell dapat meningkatkan efisiensi kinerja panel surya. Pengujian ini mengukur daya keluaran panel dalam rentang waktu dari pukul 09.00 hingga 15.00. Data yang diperoleh disajikan dalam dua tabel berikut, dengan Tabel 1 menunjukkan daya yang dihasilkan sebelum pembersihan dan Tabel 2 setelah pembersihan.

Tabel 1. Daya Dihasilkan Sebelum Dibersihkan oleh Smasocell

Waktu	Daya dihasilkan (W)
09.00	3,67
10.00	3,77
11.00	3,78
12.00	3,78
13.00	3,84
14.00	3,21
15.00	3,20
Rata-Rata	3,61

Tabel 2. Daya Dihasilkan Sesudah Dibersihkan oleh Smasocell

Waktu	Daya dihasilkan (W)
09.00	3,75
10.00	3,83
11.00	3,85
12.00	3,85
13.00	3,89
14.00	3,26
15.00	3,20
Rata-Rata	3,66

Hasil pengujian yang disajikan dalam Tabel 2 menunjukkan adanya peningkatan daya yang dihasilkan oleh panel surya setelah pembersihan dengan alat Smasocell. Sebelum pembersihan, rata-rata daya yang dihasilkan adalah 3,61 W, sedangkan setelah pembersihan meningkat menjadi 3,66 W. Peningkatan ini mencerminkan adanya perbaikan efisiensi sekitar 1,39% setelah pembersihan dilakukan.

4.2 Pengujian Sensor Suhu dan Kelembaban

Pengujian sensor suhu dan kelembaban dilakukan untuk memantau variasi suhu dan kelembaban udara di sekitar panel surya sepanjang hari. Data ini penting dalam memahami pengaruh lingkungan terhadap efisiensi dan performa alat pembersih panel surya otomatis. Tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran suhu dan kelembaban yang diambil pada interval waktu tertentu.

Tabel 3. Pengujian Sensor Suhu dan Kelembaban

Waktu	Suhu	Kelembaban
09.00	34°C	49%
10.00	35°C	51%
11.00	36°C	44%
12.00	36°C	45%
13.00	37°C	39%
14.00	35°C	50%
15.00	35°C	51%
Rata-Rata	35°C	47%

Data pengujian menunjukkan bahwa suhu meningkat dari 34°C pada pagi hari hingga mencapai puncak 37°C di siang hari, kemudian menurun lagi di sore hari. Sebaliknya, kelembaban cenderung menurun saat suhu naik, mencapai titik terendah 39% pada pukul 13.00, sebelum naik kembali. Pola ini menunjukkan hubungan antara kenaikan suhu dan penurunan kelembaban, yang dapat memengaruhi efisiensi sistem pembersih panel surya dan performa panel itu sendiri. Memahami perubahan ini penting untuk mengoptimalkan kinerja alat di berbagai kondisi cuaca.

V. PENUTUP

Penelitian ini berhasil mencapai tujuan pengembangan sistem pembersih panel surya otomatis berbasis IoT yang mampu meningkatkan efisiensi panel melalui pengurangan *soiling loss*. Dengan teknologi

yang terintegrasi, Smasocell menawarkan solusi praktis dan efisien bagi pemantauan dan pemeliharaan panel surya, khususnya di daerah dengan tingkat polusi tinggi seperti Karawang. Pekerjaan ini memberikan kontribusi pada pengetahuan terkini tentang optimasi performa panel surya dalam kondisi lingkungan yang beragam. Aplikasi Smasocell diharapkan mendukung perkembangan energi terbarukan di Indonesia, sejalan dengan tujuan *Net Zero Emission 2060*. Penelitian masa depan dapat berfokus pada pengembangan sistem yang lebih hemat energi, serta perluasan fungsi *monitoring* yang mencakup kondisi cuaca lokal dan prediksi kebutuhan pembersihan otomatis berdasarkan pola debu dan curah hujan.

- [8] A. Junaedi, M. D. M. Puspitasari, and M. Maulidina, "Pengaruh (Intensor) Induktor Heater Menggunakan Thermal Sensor Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano Dalam Mengolah Logam," *Nusantara of Engineering (NOE)*, vol. 4, no. 2, pp. 169–175, 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. A. Wicaksono, A. Daud, and S. P. Mursid, "Rancang Automatic Solar Cleaning System," *Jurnal Energi*, vol. 12, no. 1, pp. 48–54, Apr. 2023.
- [2] O. A. Sari, T. Pangaribowo, and M. H. I. Hajar, "Sistem Kendali Pembersih Panel Surya Menggunakan Rolling Brush Dan Wiper Dengan Metode Terjadwal," *Jurnal Ilmu Teknik dan Komputer*, vol. 6, no. 2, pp. 102–109, 2022.
- [3] J. Purba, A. S. Uyun, D. Sugiyanto, and M. I. Ramdhan, "Perancangan Prototipe Alat Pembersih Panel Surya Dengan Sistem Gerak Otomasi," *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, vol. 7, no. 1, pp. 1–8, 2022.
- [4] Y. W. J. Kusuma, "Rancang Bangun Penggerak Otomatis Panel Surya Menggunakan Sensor Photodiode Berbasis Mikrokontroler Atmega 16," *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 9, no. 1, pp. 11–20, 2015.
- [5] A. N. Andini, H. Purnamasari, and E. Priyanti, "Implementasi program pengawasan kegiatan industri terhadap pencemaran lingkungan air oleh dinas lingkungan hidup dan kebersihan," *KINERJA*, vol. 18, no. 3, pp. 463–471, 2021.
- [6] G. Widayana, "Pemanfaatan Energi Surya," *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, vol. 9, no. 1, pp. 37–46, 2012.
- [7] A. Selay *et al.*, "Internet of Things," *Karimah Tauhid*, vol. 1, no. 6, pp. 860–868, 2022.