

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Dewan Energi Nasional (2024), target bauran EBT tahun 2060 sebesar 70% - 72%. Indonesia bertujuan untuk meningkatkan kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) hingga 421 GW pada tahun 2060 (ESDM, 2023). Kabupaten Jember merupakan salah satu wilayah yang berpotensi dalam energi surya. Menurut Global Solar Atlas, nilai *direct normal irradiation* di Jember adalah 3,62 – 4,15 kWh/m².

Pemanfaatan PLTS ditujukan bagi masyarakat, khususnya kelompok yang memiliki potensi dalam penerapan teknologi ini, seperti rumah tangga dan usaha kecil menengah (UKM) (Kusuma, dkk., 2024). Salah satu UKM di Jember adalah *Tito Garage*. Tempat usaha tersebut berpotensi dalam implementasi PLTS *hybrid*. Lokasi Bengkel *Tito Garage* merupakan sebuah pemukiman yang masih melakukan pembangunan perumahan sehingga menimbulkan debu atau kotoran pada panel surya. Lokasi ini juga termasuk dalam keadaan iklim tropis, dengan suhu lingkungan yang cukup tinggi dan dapat menyebabkan panel surya tidak optimal.

Penurunan efisiensi panel surya yang diakibatkan oleh akumulasi debu menjadi masalah umum yang terjadi, terutama di daerah yang berdebu dan beriklim kering (Sihotang & Satria, 2025). Peningkatan suhu berdampak langsung terhadap nilai tegangan rangkaian terbuka (Voc), sebaliknya pada arus hubung singkat (Isc) sedikit meningkat yang menyebabkan tidak sebanding dengan penurunan tegangan sehingga daya keluaran mengalami penurunan (Denk, dkk., 2025). Kontaminasi pada panel surya seperti debu, serbuk sari, dedaunan, dan kotoran burung dapat menurunkan keluaran daya listrik hingga 30% (Rashak, et al., 2024).

Pembersihan panel surya dapat dilakukan dengan manual. Namun, metode tersebut memakan waktu dan tenaga, serta tidak efisien dalam jangka panjang (Sihotang & Satria, 2025). Oleh karena itu, diperlukan solusi yang dapat membersihkan panel surya secara otomatis sehingga efektif untuk menjaga kinerja

panel surya (Isyanto, dkk., 2023).

Penelitian oleh Pambudiarso (2023) yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Pembersih Panel Surya Otomatis” memperoleh hasil nilai daya *output* panel surya dengan pembersih rata-rata selama 3 hari sebesar 37,44 W, sedangkan panel surya tanpa pembersih sebesar 35,69 W. Nilai efisiensi panel surya dengan alat pembersih sebesar 14,54% dan tanpa alat pembersih 13,72%. Presentase perbedaan panel surya sebesar 3%. Suhu panel surya berpengaruh pada kinerja sel dan efisiensi fotovoltaiik. Apabila sel terpapar 1 kW/m², suhu panel surya 30°C lebih tinggi dari udara sekitar dan tegangan semakin rendah sekitar 0,0023 V/oC (Nugraha, 2024). Berdasarkan penelitian tersebut, alat *self cleaning and water cooling system* otomatis berpengaruh pada peningkatan kinerja panel surya.

Seiring dengan perkembangan teknologi, penggunaan mikrokontroler seperti ESP32 memberikan solusi untuk mengintegrasikan motor dan pompa air. Selain itu, wiper dapat bergerak otomatis berdasarkan penjadwalan, dan meningkatkan efisiensi serta mengurangi biaya perawatan manual (Ramadhan, R.E., 2025). *Nozzle* dapat dimanfaatkan untuk sistem pendingin panel surya sebagai jalur keluaran air. Oleh karena itu, untuk meningkatkan efisiensi penggunaan panel surya di Bengkel Tito Garage diperlukan suatu sistem pendukung. Sistem tersebut berupa *automated self-cleaning and water cooling system*. Penerapan sistem ini diharapkan dapat menjaga kinerja panel surya agar tetap optimal tanpa dipengaruhi oleh akumulasi debu dan suhu lingkungan yang tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini memiliki rumusan masalah yang perlu dikaji lebih lanjut. Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan *water cooling system* berbasis mikrokontroler ESP32-DevKitC V4?
2. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan *self-cleaning system* berbasis mikrokontroler ESP32-DevKitC V4?
3. Apakah kinerja *self-cleaning system* dan *water cooling system* pada sistem PLTS *hybrid* berpengaruh pada daya keluaran panel surya?

1.3 Tujuan

Penelitian ini memiliki tujuan yang perlu dicapai. Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Merancang dan mengimplementasikan *water cooling system* berbasis mikrokontroler ESP32-DevKitC V4.
2. Merancang dan mengimplementasikan *self-cleaning system* berbasis mikrokontroler ESP32-DevKitC V4.
3. Menguji kinerja *self-cleaning system* dan *water cooling system* pada sistem PLTS *hybrid*.

1.4 Manfaat

Penelitian yang dilakukan memiliki manfaat yang berdampak terhadap masyarakat, instansi, dan peneliti. Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Memberikan kontribusi ilmiah dalam bidang energi terbarukan, khususnya terkait dengan optimalisasi kinerja panel surya melalui teknologi otomasi.
2. Kontribusi ilmiah dalam bidang energi terbarukan, terutama tentang cara mengoptimalkan kinerja pembersih panel surya dengan teknologi otomasi.
3. Menambah wawasan dalam hal sistem kontrol otomatis.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah untuk menentukan arah penelitian dan mengurangi permasalahan. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Alat pembersih panel surya berfokus pada sistem pembersih dan pendingin otomatis panel surya menggunakan mikrokontroler ESP32-DevKitC V4.
2. Sistem pembersih dan pendingin yang dirancang digunakan untuk panel surya skala kecil yaitu PLTS *hybrid* 1,1 kWp di Tito Garage Jember.
3. Level air pada pembersih panel surya tidak dibahas secara mendalam.
4. Daya yang digunakan oleh alat *self cleaning and water cooling system* tidak di hitung.
5. Kecepatan motor (rpm) tidak dihitung.