

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan energi terbarukan, khususnya panel surya, menuntut adanya sistem pemeliharaan yang efisien agar performa konversi energinya tetap optimal. Salah satu tantangan utama dalam penggunaan panel surya adalah penurunan efisiensi akibat akumulasi debu dan kotoran yang menempel di permukaannya. Partikel halus seperti PM2.5 dapat menghalangi cahaya matahari masuk ke sel fotovoltaik, sehingga produksi energi menjadi kurang maksimal. Oleh karena itu, diperlukan sistem pembersih panel surya yang tidak hanya efektif tetapi juga dapat bekerja secara otomatis.

Beberapa metode pembersihan panel surya yang telah dikembangkan antara lain telescopic pole dengan sikat manual, robot tetap (fixed robot) dengan metode pembersihan kering maupun basah, serta robot portabel yang menggunakan sikat rol. Namun, sebagian besar metode tersebut masih membutuhkan intervensi manusia, tidak adaptif terhadap kondisi lingkungan, atau sulit untuk diterapkan secara luas dalam sistem yang terhubung dengan monitoring digital.

Sebagai alternatif yang lebih praktis dan adaptif, dikembangkan alat pembersih panel surya otomatis berbasis mikrokontroler ESP32. Sistem ini memanfaatkan sensor debu PM2.5 GP2Y1010AU0F sebagai acuan utama untuk menilai tingkat kekotoran lingkungan sekitar. Saat nilai PM2.5 mencapai atau melebihi ambang batas $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021), sistem secara otomatis mengaktifkan proses pembersihan dengan menggerakkan motor DC sebagai penggerak wiper dan pompa air untuk menyemprot permukaan panel.

Agar alat tidak hanya reaktif terhadap polusi debu, sistem juga dilengkapi dengan modul RTC (Real-Time Clock) yang berfungsi untuk menjadwalkan pengecekan nilai debu pada waktu tertentu, yakni pukul

04.00 dan 19.00 WIB, sehingga pembersihan tetap terjaga meski sensor tidak mendeteksi debu secara signifikan. Seluruh aktivitas sistem, mulai dari nilai debu, waktu, hingga status pembersihan, dicatat dan dikirim ke platform ThingSpeak agar dapat dipantau secara real-time melalui jaringan internet.

Dengan kombinasi sensor lingkungan, sistem penjadwalan otomatis, serta integrasi data logger berbasis cloud, alat ini memberikan keuntungan dalam hal penghematan tenaga, efisiensi waktu pembersihan, serta efektivitas pemantauan jarak jauh. Sistem ini dirancang sebagai solusi awal untuk mendukung pemeliharaan panel surya secara mandiri, adaptif terhadap kondisi nyata, dan berorientasi pada efisiensi energi di masa depan.

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian dengan judul “Sistem Pembersih Panel Surya Otomatis Berbasis ESP32 dengan Deteksi Partikulat Debu PM2.5 Menggunakan Sensor Debu GP2Y1010AU0F dengan Penjadwalan Rutin Berbasis IoT”, dengan harapan sistem yang dikembangkan dapat menjadi solusi otomatis dalam menjaga kebersihan permukaan panel surya secara efisien dan adaptif terhadap kondisi lingkungan. Melalui integrasi sensor debu, modul RTC, serta platform pemantauan berbasis Internet of Things (IoT), sistem ini diharapkan mampu mengurangi penurunan efisiensi panel akibat akumulasi debu, meminimalkan intervensi manual, serta menyediakan data pemantauan secara real-time untuk mendukung perawatan panel surya yang lebih cerdas dan berkelanjutan.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah diuraikan, penelitian ini difokuskan pada efektivitas dan sistem pembersih panel surya yang dikembangkan. Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian, sistem pembersih panel surya otomatis berbasis ESP32 Pengecekan rutin sebagai dasar pengoperasian. Deteksi tingkat kekotoran panel dilakukan

menggunakan sensor debu GP2Y1010AU0F yang memantau konsentrasi PM2.5, sementara modul RTC digunakan untuk membantu menjalankan sistem pada waktu-waktu tertentu sesuai jadwal yang ditetapkan. Kombinasi antara pembacaan sensor dan waktu ini menjadi pemicu utama pembersihan, yang secara signifikan meningkatkan efisiensi operasional alat tanpa perlu intervensi manual. Selain itu, sistem berhasil mengirimkan data aktivitas secara real-time ke platform cloud ThingSpeak, sehingga memudahkan proses pemantauan dan pencatatan kinerja alat secara jarak jauh dan berkelanjutan.

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dibuatnya alat SISTEM PEMBERSIH PANEL SURYA OTOMATIS BERBASIS ESP32 DENGAN DETEKSI PARTIKULAT DEBU PM2.5 MENGGUNAKAN SENSOR DEBU GP2Y1010AU0F DENGAN PENJADWALAN RUTIN BERBASIS IOT dalam tugas akhir adalah untuk:

1. Merancang dan membangun alat pembersih panel surya otomatis berbasis ESP32 yang mampu bekerja berdasarkan parameter kebersihan lingkungan (PM2.5).
2. Mengintegrasikan sensor debu GP2Y1010AU0F dan modul RTC untuk Pengecekan rutin dan kondisi pembersihan secara otomatis.
3. Menerapkan sistem pembersihan berbasis motor wiper dan pompa air yang dikendalikan secara otomatis berdasarkan logika tertentu.
4. Mengembangkan sistem data logger berbasis cloud menggunakan platform ThingSpeak untuk merekam dan memantau aktivitas alat secara *real-time*

1.4 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat dari pembuatan SISTEM PEMBERSIH PANEL SURYA OTOMATIS BERBASIS ESP32 DENGAN DETEKSI PARTIKULAT DEBU PM2.5 MENGGUNAKAN SENSOR DEBU GP2Y1010AU0F

DENGAN PENJADWALAN RUTIN BERBASIS IOT adalah sebagai berikut:

1. Mampu membersihkan panel surya secara otomatis berdasarkan nilai parameter kebersihan (PM2.5), sehingga tidak perlu pembersihan manual terus-menerus.
2. Membantu sistem melakukan pengecekan kondisi debu secara rutin pada waktu-waktu tertentu (pukul 04.00 dan 19.00), sehingga alat dapat menentukan apakah perlu melakukan pembersihan atau tetap standby berdasarkan nilai PM2.5 saat itu.
3. Mengurangi resiko panas dan kerusakan pada panel dengan menggunakan wiper lembut dan semprotan air sebagai sistem pembersih.
4. Menyediakan sistem pencatatan data otomatis (*data logger*) agar aktivitas dan kondisi alat dapat dimonitor dan dianalisis di kemudian hari.
5. Menjamin batas gerakan alat yang aman dengan penggunaan limit switch sebagai sensor pembatas wiper saat bergerak.

1.5 Batasan Permasalahan

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, terdapat beberapa batasan permasalahan yang sengaja ditetapkan agar fokus penelitian dan pengembangan alat dapat lebih terarah dan efektif. Batasan-batasan tersebut meliputi:

1. Sistem hanya mendeteksi kondisi kebersihan panel berdasarkan nilai partikel debu PM2.5 menggunakan sensor GP2Y1010AU0F.
2. Data logger menggunakan sistem penyimpanan berbasis cloud lokal via serial monitor, dan belum mencakup sistem notifikasi atau kendali jarak jauh secara penuh.
3. Mekanisme pembatas gerakan wiper hanya menggunakan limit switch, tidak memakai sensor posisi atau feedback motor.

4. Parameter kebersihan lingkungan yang digunakan dalam sistem ini dibatasi pada nilai konsentrasi partikel debu PM2.5, dengan ambang batas sebesar 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sesuai ketentuan dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 tentang Baku Mutu Debu Ambien.

1.6 Sistematis Penyusunan Tugas Akhir

Laporan tugas akhir ini disusun dengan mengikuti sistematika yang terstruktur dan komprehensif, terdiri dari beberapa bab yang saling berkaitan dan berurutan. Setiap bab memiliki peran dan fokusnya masing-masing dalam menyajikan informasi secara jelas dan sistematis, mulai dari pendahuluan yang memberikan konteks penelitian, hingga penutup yang merangkum temuan dan implikasi penelitian.

BAB I PENDAHULUAN

Pada Bab ini membahas berbagai aspek yang mendasari pembuatan Tugas Akhir, termasuk perumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, serta sistematika penulisan Tugas Akhir.

BAB II PENGGUNASAN TEORI

Bab ini mengulas tinjauan pustaka serta penggunaan teori yang menjadi acuan dalam penyusunan Tugas Akhir.

BAB III PERANCANGAN TUGAS AKHIR

Bab ini menjelaskan cara kerja sistem, mencakup pembahasan setiap komponen sistem hingga keseluruhan mekanisme operasinya.

BAB IV PEMBUATAN ALAT

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai bagaimana sistem tersebut dapat dibuat sehingga bisa berfungsi dengan baik dan normal.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISA ALAT

Pada Bab ini menjelaskan berbagai parameter yang diukur dalam simulasi alat beserta nilai-nilainya. Selain itu, bab ini juga memaparkan jenis-jenis pengujian yang dilakukan dalam simulasi alat, serta analisis hasil dari pengukuran dan pengujian tersebut.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada Bab ini menyajikan kesimpulan yang diperoleh dari hasil simulasi alat serta memberikan saran untuk pengembangan lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**