

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi terbarukan merupakan solusi di tengah meningkatnya kebutuhan energi dan permasalahan lingkungan yang disebabkan oleh penggunaan energi fosil. Salah satu bentuk energi terbarukan yang banyak dikembangkan adalah energi surya, yang dikonversi menjadi energi listrik melalui panel surya (*solar panel*). Panel surya bekerja dengan menyerap sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik melalui sel fotovoltaik, menjadikannya sumber energi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan [1].

Di Indonesia, pemanfaatan energi surya terus meningkat. Menurut laporan Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE), hingga tahun 2022 kapasitas terpasang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) telah mencapai lebih dari 200 MWp, yang tersebar di berbagai wilayah, terutama di daerah-daerah terpencil dan belum terjangkau jaringan listrik konvensional [2]. Penggunaan panel surya diprediksi akan terus meningkat seiring dengan target pemerintah untuk mencapai bauran energi baru dan terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 [2].

Namun demikian, fungsi panel surya sangat dipengaruhi oleh kondisi permukaannya. Debu, kotoran, dan material lainnya yang menempel pada permukaan panel dapat menghalangi cahaya matahari dan menurunkan kinerjanya secara signifikan. Studi menunjukkan bahwa akumulasi debu dapat menurunkan kinerja panel hingga 32% dalam hitungan bulan [3]. Saat ini, proses pembersihan panel surya di banyak instalasi masih dilakukan secara manual, yang memerlukan waktu, tenaga, dan biaya operasional yang tinggi. Selain itu, metode manual berisiko terhadap keselamatan pekerja terutama di instalasi atap atau daerah tinggi [1].

Penelitian oleh Romy Deswanto dalam tugas akhirnya yang berjudul “Rancang Bangun Robot Pembersih *Solar panel* Menggunakan Kamera dengan Microcontroller ESP32-CAM” telah merancang sebuah robot pembersih panel surya otomatis yang menggunakan ESP32-CAM sebagai sistem pemantauan visual dan dikendalikan melalui aplikasi Blynk via koneksi Wi-Fi. Robot ini dilengkapi dengan motor DC, pompa air, serta berbagai sensor seperti ultrasonik dan rotary encoder untuk membantu navigasi dan pelaksanaan proses pembersihan [4]. Meskipun robot ini memiliki dua mode kerja, yaitu manual dan otomatis, terdapat kekurangan signifikan pada mode otomatisnya, robot tetap membersihkan seluruh permukaan panel surya secara menyeluruh tanpa mampu membedakan area yang kotor dan yang bersih. Hal ini menyebabkan konsumsi energi dan air yang boros serta waktu pembersihan yang tidak optimal. Selain itu, karena tidak menggunakan sistem kecerdasan buatan untuk deteksi area kotor, proses pembersihan dilakukan tanpa mempertimbangkan kondisi aktual permukaan panel [4]. Kekurangan ini menjadi landasan penting bagi pengembangan sistem yang lebih cerdas, yakni dengan menggunakan Raspberry Pi 4 yang mampu menjalankan model klasifikasi gambar ringan seperti MobileNetV2 yang telah dioptimalkan dengan TensorFlow Lite. Dengan teknologi tersebut, robot dapat mengenali area kotor secara visual dan melakukan pembersihan secara selektif, sehingga lebih adaptif terhadap kondisi panel [3].

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem robotik pembersih panel surya yang lebih cerdas dengan memanfaatkan teknologi pengolahan citra berbasis kecerdasan buatan. Sistem dirancang menggunakan Raspberry Pi 4 sebagai unit pemrosesan utama untuk menjalankan model klasifikasi citra MobileNetV2 yang telah dioptimasi dalam format TensorFlow Lite. Model ini bertugas mengenali kondisi permukaan panel surya baik bersih maupun kotor melalui *input* citra dari kamera, kemudian mengarahkan pergerakan robot agar fokus pada area yang memerlukan pembersihan. Dengan pendekatan ini, robot tidak hanya bergerak secara rutin atau menyeluruh, tetapi bekerja secara selektif berdasarkan data visual aktual yang diterima dan diinterpretasikan secara *real-time*.

Dalam sistem ini, Raspberry Pi 4 berperan sebagai otak pemrosesan data visual, sementara Arduino Mega 2560 Mini mengatur dan mengeksekusi perintah pergerakan robot, seperti kendali motor, sikat, dan pompa air. Kolaborasi kedua mikrokontroler tersebut memungkinkan pemisahan tugas antara komputasi berat dan kendali aktuator, sehingga meningkatkan kecepatan kerja sistem secara keseluruhan. Robot ini juga dirancang untuk bekerja secara otomatis tanpa intervensi manusia, dengan pengujian difokuskan pada kondisi permukaan panel yang berdebu dalam cuaca cerah. Penelitian ini diharapkan dapat menjawab tantangan pemeliharaan panel surya secara cerdas, serta menjadi solusi alternatif terhadap metode pembersihan manual yang masih umum digunakan saat ini.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka permasalahan dalam tugas akhir ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem robotik yang mampu melakukan pembersihan permukaan panel surya secara otomatis?
2. Bagaimana integrasi antara unit pengendali gerak dan unit pengolah citra dalam sistem pembersihan panel surya?
3. Bagaimana implementasi Raspberry Pi 4 untuk menjalankan proses klasifikasi citra menggunakan model MobileNetV2 untuk mengidentifikasi area panel surya yang kotor?
4. Bagaimana mengevaluasi kinerja robot pembersih dalam meningkatkan tingkat kebersihan permukaan panel surya?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari pelaksanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sistem robot pembersih panel surya yang mampu melakukan pembersihan permukaan panel surya secara otomatis.
2. Mengintegrasikan sistem kendali gerak dengan sistem pengolahan citra sehingga robot dapat melakukan pembersihan secara terarah.

3. Mengimplementasikan Raspberry Pi 4 sebagai pusat pemrosesan data untuk menjalankan klasifikasi citra menggunakan model MobileNetV2 yang bertujuan mengidentifikasi area panel surya yang kotor.
4. Melakukan evaluasi kinerja robot pembersih dengan menilai tingkat kebersihan permukaan panel surya setelah proses pembersihan dilakukan.

1.4 Manfaat Tugas Akhir

Adapun manfaat dari penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Penulis

Tugas akhir ini memberikan kesempatan bagi penulis untuk mengembangkan keterampilan teknis dalam bidang sistem robotik dan teknologi mikrokontroler. Penulis memperoleh pengalaman langsung dalam pemrograman Arduino, pemanfaatan Raspberry Pi untuk klasifikasi citra, serta integrasi antara sensor, aktuator, dan model kecerdasan buatan. Selain itu, proyek ini memperkuat pemahaman penulis terhadap konsep teori yang telah dipelajari selama perkuliahan, dan memberikan bekal praktis yang relevan untuk menghadapi tantangan di dunia industri dan teknologi otomatisasi.

2. Bagi Masyarakat

Perancangan robot pembersih panel surya ini diharapkan dapat memberikan manfaat nyata dalam membantu pemeliharaan panel surya tanpa keterlibatan manusia secara langsung. Hal ini berpotensi meningkatkan kinerja energi surya dengan menjaga kebersihan panel, serta mengurangi risiko kecelakaan kerja dan biaya operasional yang muncul dari metode pembersihan manual. Inovasi ini mendukung adopsi teknologi energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

3. Bagi Pembaca

Tugas akhir ini dapat menjadi referensi berharga bagi pembaca yang tertarik mengembangkan proyek berbasis robotika, kecerdasan buatan, atau sistem otomasi terapan. Penjabaran langkah-langkah perancangan, pemilihan komponen, serta integrasi antara perangkat keras dan lunak, dapat menjadi panduan teknis

maupun inspirasi dalam merancang solusi serupa untuk berbagai kebutuhan industri dan lingkungan.

1.5 Pembatasan Masalah

Agar pembahasan lebih fokus, tugas akhir ini dibatasi pada:

1. Robot hanya digunakan untuk membersihkan panel surya dengan permukaan datar dan tidak berlubang.
2. Implementasi dilakukan menggunakan *solar panel* berdimensi 107 x 54 cm.
3. Pengujian dan evaluasi robot pembersih *solar panel* dengan *image classification* dan Arduino Mega mini pada kondisi lingkungan yang cerah dan berdebu
4. Data pelatihan model klasifikasi citra hanya terdiri dari dua label utama yaitu, bersih dan kotor, tanpa kategori sub-kotoran atau tingkat kekotoran.
5. Model AI tidak dirancang untuk pembelajaran berkelanjutan (*continual learning*), sehingga tidak dapat menyesuaikan diri terhadap jenis kotoran baru secara otomatis.

1.6 Sistematika Tugas Akhir

Laporan tugas akhir ini disusun secara sistematis agar pembahasan lebih terstruktur dan mudah dipahami. Adapun sistematika tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang penelitian yang menjelaskan pentingnya sistem deteksi postur duduk serta permasalahan yang ingin diselesaikan. Selain itu, bab ini juga mencakup rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta pembatasan masalah tugas akhir.

BAB II DASAR TEORI

Bab ini membahas teori-teori yang mendukung penelitian serta konsep-konsep yang berkaitan dengan permasalahan yang diteliti. Selain itu, dijelaskan secara umum mengenai setiap komponen yang digunakan dalam pengembangan rancang bangun,

termasuk fungsi, spesifikasi teknis, serta peran masing-masing komponen dalam keseluruhan sistem.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan gambaran umum, visualisasi, serta proses pembuatan rancang bangun yang dikembangkan. Metode yang digunakan dalam perancangan dan pengujian rancang bangun dijelaskan secara rinci. Gambaran umum memberikan deskripsi menyeluruh mengenai sistem yang dibangun, visualisasi menyajikan ilustrasi atau diagram untuk membantu pemahaman struktur rancang bangun, sedangkan bagian fabrikasi menjelaskan tahapan konkret dalam pembuatan rancang bangun, termasuk material dan peralatan yang digunakan.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

Bab ini membahas hasil uji coba rancang bangun yang telah dikembangkan, mencakup berbagai aspek performa dan fungsionalitas sistem. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja rancang bangun, dengan analisis hasil yang mengacu pada tujuan penelitian yang telah ditetapkan sebelumnya. Melalui pembahasan ini, dapat diketahui apakah sistem yang dirancang telah memenuhi kriteria yang diharapkan.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan berdasarkan hasil pengujian. Selain itu, diberikan saran untuk pengembangan lebih lanjut agar sistem ini dapat lebih optimal dalam penerapannya di lingkungan kerja atau rumah.