

ABSTRAK

Panel surya rentan mengalami penurunan kinerja akibat debu dan kotoran yang menempel pada permukaannya sehingga dapat mengurangi tegangan keluaran panel. Proses pembersihan yang masih dilakukan secara manual menyebabkan diperlukannya sistem pembersihan yang dapat bekerja secara otomatis. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pembersih panel surya otomatis menggunakan metode *wet cleaning* berbasis algoritma *Decision Tree*, serta menganalisis kinerja sistem. Sistem menggunakan mikrokontroler ESP32 dengan sensor tegangan, sensor suhu DS18B20, sensor intensitas cahaya BH1750, dan RTC DS3231. Data hasil pembacaan sensor digunakan sebagai masukan algoritma *decision tree* untuk mengklasifikasikan kondisi panel menjadi "Bersihkan" dan "Tidak Perlu". Dataset diperoleh dari pengujian langsung pada panel surya dan digunakan untuk membangun model menggunakan algoritma *CART* dengan kriteria *gini*. Evaluasi model dilakukan menggunakan *5-fold cross-validation* pada 2.379 data, dengan hasil rata-rata akurasi sebesar 99,54% dan standar deviasi sebesar 0,16%. Hasil pengujian keseluruhan sistem menunjukkan bahwa pembersihan menggunakan kotoran pasir meningkatkan tegangan rata-rata dari 20,59 V menjadi 22,24 V, sedangkan pada kotoran daun meningkat dari 18.63 V menjadi 22,15 V. Pengujian pengiriman data ke *Firestore Realtime Database* sebanyak 20 kali menghasilkan rata-rata *latency* sebesar 672 ms. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan klasifikasi kondisi panel dan menjalankan proses pembersihan secara otomatis sesuai dengan kondisi yang ditentukan.

Kata Kunci: *Decision tree*, *CART*, *ESP32*, panel surya, *wet cleaning*, *5-fold cross-validation*.



ABSTRACT

Solar panels are susceptible to performance degradation due to dust and dirt accumulating on their surfaces, which can reduce the panel's output voltage. Since cleaning is still commonly performed manually, an automatic cleaning system is needed. This research aims to design and implement an automatic solar panel cleaning system using a wet cleaning method based on the Decision Tree algorithm, as well as to analyze the system's performance. The system uses an ESP32 microcontroller equipped with a voltage sensor, DS18B20 temperature sensor, BH1750 light intensity sensor, and DS3231 RTC. The sensor readings are used as inputs to the Decision Tree algorithm to classify the panel condition into two classes: "Clean" and "No Cleaning Required." The dataset was obtained through direct testing on a solar panel and used to develop a model using the CART algorithm with the Gini criterion. Model evaluation was performed using 5-fold cross-validation on 2,379 data points, achieving an average accuracy of 99.54% with a standard deviation of 0.16%. The overall system testing showed that cleaning under sand contamination increased the average voltage from 20.59 V to 22.24 V, while under leaf contamination, the average voltage increased from 18.63 V to 22.15 V. Testing of data transmission to the Firebase Realtime Database over 20 transmissions resulted in an average latency of 672 ms. These results indicate that the system is capable of classifying the panel condition and performing the cleaning process automatically according to the determined conditions.

Keywords: Decision tree, CART, ESP32, solar panel, wet cleaning, 5-fold cross-validation.

