

ABSTRACT

The rapid growth of solar energy (1.6 TW globally) increases the need for solar panel defect inspection systems. This study introduces Subclass Aware Transfer Learning (SATL), a method that integrates class decomposition with a multitask learning strategy to enhance solar panel defect classification performance. SATL decomposes each class using principal component analysis and K-means clustering. Then, it utilizes subclass information as additional signals in the classification model pelatihan process to simultaneously predict the Main class and subclass. The VGG19-SATL configuration achieved 98.12% akurasi and 0.9811 f1-score, outperforming the baseline by 12.09% and exceeding state-of-the-art results by 1.92%. The model demonstrates balanced performance across all classes and is 31% faster to train. The study shows that class decomposition increases the akurasi of the models by reducing variation within the classes and improving the separability of the features. Multitask learning increases the akurasi of the models through a regularization effect that accelerates the convergence of the pelatihan process and prevents overfitting. SATL delivers significant gains without complex architectural modifications or large amounts of training data, making it a practical and effective solution for solar panel defect inspection.

Keywords: *Class decomposition, Image Classification, Multitask, Transfer Learning, Solar Panel Defects*

ABSTRAK

Pertumbuhan pesat energi surya (1,6 TW global) meningkatkan kebutuhan akan sistem inspeksi cacat panel surya. Studi ini memperkenalkan *Subclass Aware Transfer Learning* (SATL), metode yang menggabungkan dekomposisi kelas dengan strategi pembelajaran ganda untuk meningkatkan kinerja klasifikasi cacat panel surya. Dekomposisi setiap kelas dilakukan dengan untuk membentuk subkelas yang kemudian informasi subkelas dimanfaatkan sebagai sinyal tambahan dalam proses pelatihan model klasifikasi secara simultan. Konfigurasi VGG19-SATL mencapai akurasi 98,12% dan *f1-score* 0,9811, mengungguli model dasar sebesar 12,09%. Model menunjukkan performa yang seimbang di semua kelas dan 31% lebih cepat dalam pelatihan. Studi menunjukkan bahwa dekomposisi kelas meningkatkan akurasi model dan dengan mengurangi variasi di dalam kelas dan meningkatkan keterpisahan fitur. Pembelajaran ganda meningkatkan akurasi model melalui efek regularisasi yang mempercepat konvergensi proses pelatihan dan mencegah *overfitting*. SATL memberikan peningkatan signifikan menjadikannya solusi praktis dan efektif untuk inspeksi kondisi lingkungan panel surya.

Kata Kunci: Dekomposisi Kelas, Klasifikasi Gambar, Kondisi Panel Surya, Pembelajaran Ganda, Pembelajaran Transfer