

## ABSTRACT

Surface contamination on high-voltage insulators, such as salt deposits, soot, and bird excrement, is a critical factor that can trigger flashovers and power transmission system failures. Conventional visual inspection methods currently employed are considered inefficient, subjective, and time-consuming. This study aims to develop an automated insulator condition classification system using a Deep Learning approach based on Convolutional Neural Networks (CNN). The research was conducted in two approaches. The first stage evaluated the performance of six pre-trained architectures (EfficientNetB7, InceptionV3, MobileNetV2, ResNet50V2, VGG19, and Xception) using transfer learning techniques. Comparative results showed that MobileNetV2 was the most superior model with a baseline accuracy of 91.09%, outperforming other high-complexity models, while ResNet50V2 recorded the lowest performance (32.94%). The second stage focused on hyperparameter optimization of the best model. Through a training configuration of 150 epochs, batch size of 4, learning rate of  $10^{-3}$ , Adam optimizer, and dropout of 0.3, the performance of MobileNetV2 was significantly improved. The final results demonstrated that the optimized MobileNetV2 model achieved an accuracy of 96.12%, with a Precision of 96.32% and Recall of 96.05%. This high accuracy and balanced evaluation metrics prove that the developed model is highly effective for implementation as an intelligent inspection tool to support predictive maintenance in power grids.

**Keywords:** *High Voltage Insulator, Contamination Classification, Convolutional Neural Network, MobileNetV2, Hyperparameter Tuning.*

## INTISARI

Kontaminasi permukaan pada isolator tegangan tinggi, seperti endapan garam, jelaga, dan kotoran burung, merupakan faktor kritis yang dapat memicu terjadinya *flashover* dan kegagalan sistem transmisi listrik. Metode inspeksi visual konvensional yang saat ini digunakan dinilai kurang efisien, subjektif, dan memakan waktu. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi otomatis kondisi isolator menggunakan pendekatan *Deep Learning* berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN). Penelitian dilakukan dalam dua tahap pendekatan. Tahap pertama mengevaluasi kinerja enam arsitektur *pre-trained* (EfficientNetB7, InceptionV3, MobileNetV2, ResNet50V2, VGG19, dan Xception) menggunakan teknik *transfer learning*. Hasil komparasi menunjukkan bahwa MobileNetV2 merupakan model paling superior dengan akurasi *baseline* sebesar 91,09%, mengungguli model dengan kompleksitas tinggi lainnya, sementara ResNet50V2 mencatat performa terendah (32,94%). Tahap kedua berfokus pada optimasi *hyperparameter* pada model terbaik. Melalui konfigurasi pelatihan 150 *epoch*, *batch size* 4, *learning rate*  $10^{-3}$ , optimizer Adam, dan *dropout* 0.3, performa MobileNetV2 berhasil ditingkatkan secara signifikan. Hasil akhir penelitian menunjukkan bahwa model MobileNetV2 yang telah dioptimasi mampu mencapai akurasi 96,12%, dengan nilai *Precision* 96,32% dan *Recall* 96,05%. Tingginya akurasi dan keseimbangan metrik evaluasi ini membuktikan bahwa model yang dikembangkan sangat efektif untuk diterapkan sebagai alat bantu inspeksi cerdas guna mendukung pemeliharaan prediktif pada jaringan listrik.

**Kata Kunci:** Isolator Tegangan Tinggi, Klasifikasi Kontaminasi, *Convolutional Neural Network*, MobileNetV2, *Hyperparameter Tuning*.