

ABSTRACT

PT. PLN (Persero) manages highly complex and diverse transmission assets. One of the most critical components of transmission assets is the power transformer. Transformers play a key role in the distribution of electrical energy to consumers, and their reliability depends heavily on the condition of insulating oil. Gas concentration in transformer insulation oil is used as a method for detecting the first internal transformer failures known as dissolving gas analysis (DGA). However, the conventional interpretation of DGA data is often inaccurate due to the complexity of the gas distribution and data imbalance. Interpretation techniques such as the Doernenburg Ratio, the Duval Triangle or the IEC 60599 standards often produce inconsistent and overlapping results between different types of defects. In addition, manual interpretation is often subjective and requires experts with in-depth knowledge of the gas characteristics in DGA test results.

Therefore, this research doing comparative study to classifies the types of transformer faults with DGA data using a hybrid method combining Particle Swarm Optimization (PSO) and Artificial Neural Network (ANN). The ANN method is used for DGA data classification. Meanwhile, the PSO method serves as an optimization of ANN parameters to allow it to work more effectively. The research stages include preprocessing, handling outlier data, balancing data with SMOTE, optimization of ANN parameters with PSO and performance evaluation in terms of model precision and accuracy. The PSO-ANN model is then compared to the ANN, the support vector machine (SVM) and the random forest classifier (RFC) method.

The results show that hybrid method PSO-ANN and RFC provide the best classification performance on DGA data with superior accuracy and precision compared to other methods. The PSO-ANN and RFC methods achieved the best performance with an average precision above 0.90, outperforming ANN (0.82) and SVM (0.80). PSO-ANN excelled in classifying thermal faults (T1-T2) and low energy discharge (D1), although challenges remain in detecting classes D2 and T3 due to the limitations of minority data. The methods employed effectively address data imbalance issues and enhance the accuracy of transformer fault type diagnosis. The implications of this study provide more accurate diagnostic solutions for preventive transformer maintenance, with recommendations for improving the dataset and exploring further optimization techniques for minority classes.

Keywords: classification, dissolved gas analysis, transformer oil, particle swarm optimization, artificial neural networks, support vector machines, random forest classifier

INTISARI

PT. PLN (Persero) mengelola aset transmisi yang sangat kompleks dan beragam. Salah satu peralatan yang sangat penting bagi aset transmisi adalah trafo tenaga. Trafo memiliki peran yang vital dalam penyaluran energi listrik kepada konsumen dan keandalannya sangat bergantung pada kondisi minyak isolasi. Konsentrasi gas dalam minyak isolasi trafo digunakan sebagai metode untuk mendeteksi secara dini gangguan internal trafo yang disebut *Dissolved Gas Analysis* (DGA). Namun, interpretasi data DGA secara konvensional kurang akurat karena kompleksitas distribusi gas dan ketidakseimbangan data. Teknik interpretasi seperti Doernenburg Ratio, Duval Triangle atau standar IEC 60599 menunjukkan hasil yang tidak konsisten dan tumpang tindih antarjenis gangguan. Selain itu, interpretasi manual seringkali subyektif dan memerlukan ahli dengan pemahaman mendalam tentang karakteristik gas-gas dalam hasil uji DGA.

Oleh karena itu, penelitian ini melakukan studi komparasi klasifikasi jenis kerusakan trafo dengan data DGA menggunakan metode *hybrid* antara lain *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan *Artificial Neural Network* (ANN). Metode ANN digunakan untuk klasifikasi data DGA. Sedangkan metode PSO sebagai optimasi parameter ANN agar dapat bekerja lebih efektif. Tahapan penelitian meliputi *preprocessing*, penanganan data *outlier*, *balancing data* dengan SMOTE, optimasi parameter ANN dengan PSO dan evaluasi kinerja menggunakan nilai presisi dan akurasi model. Model PSO-ANN kemudian dibandingkan dengan metode ANN, *Support Vector Machine* (SVM), dan *Random Forest Classifier* (RFC).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *hybrid* PSO-ANN dan RFC memberikan kinerja klasifikasi terbaik pada data DGA dengan akurasi dan presisi yang lebih unggul dibandingkan metode lainnya. Metode PSO-ANN dan RFC mencapai kinerja terbaik dengan rata-rata presisi diatas 0,90, mengungguli ANN 0,82 dan SVM 0,80. PSO-ANN unggul dalam klasifikasi gangguan termal (T1-T2) dan *low energy discharge* (D1), meskipun masih terdapat tantangan dalam mendeteksi kelas D2 dan T3 akibat keterbatasan data minoritas. Pendekatan metode yang digunakan efektif mengatasi permasalahan ketidakseimbangan data dan mampu meningkatkan ketepatan diagnosis jenis gangguan trafo. Implikasi penelitian ini memberikan solusi diagnostik yang lebih akurat untuk pemeliharaan preventif trafo, dengan rekomendasi peningkatan dataset dan eksplorasi teknik optimasi lebih lanjut untuk kelas minoritas.

Kata kunci – klasifikasi, dissolved gas analysis, minyak trafo, particle swarm optimization, artificial neural network, support vector machine, random forest classifier