

INTISARI

Pada jaringan transmisi dan distribusi tenaga listrik, transformator daya merupakan salah satu peralatan yang sangat penting dan mahal. Peralatan transformator ini menentukan tingkat ketersediaan (*availability*) dan kehandalan (*reliability*) dari jaringan tenaga listrik tersebut. Ketersediaan dan kehandalan peralatan transformator akan berdampak langsung pada penyaluran tenaga listrik ke konsumen sehingga juga berdampak pada sektor finansial. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan suatu metode yang mampu mendiagnosis gangguan mula transformator daya berbasis data *dissolved gas-in-oil analysis* (DGA). Permasalahan saat ini adalah metode konvensional yang ada untuk mendiagnosis transformator daya berbasis data DGA, yaitu rasio Doernenburg, rasio Roger dan segitiga Duval, menghasilkan kualitas klasifikasi yang masih sangat rendah, walaupun proses pada metode konvensional ini bersifat transparan atau dapat dipahami.

Metode yang diusulkan pada penelitian ini adalah metode pengklasifikasi (*classifier*) berbasis *Data Mining* yang bersifat transparan berupa *ruleset* yang dapat dipahami, yaitu berbasis *rough set theory* (RST). Kinerja dari model pengklasifikasi ini kemudian dibandingkan dengan model *Data Mining* lainnya yang sudah terkenal dengan akurasi yang tinggi, yaitu jaringan syaraf tiruan (JST). Keunggulan dari metode yang diusulkan yang disebut dengan GARST yang merupakan kombinasi dari *k*-Means, *genetic algorithm* (GA), dan RST adalah model pengklasifikasi yang berupa *ruleset* sehingga dapat ditelusuri proses pengklasifikasiannya. Permasalahan dari metode berbasis RST adalah nilai masukan harus berupa nilai diskrit, sehingga perlu dilakukan proses diskritisasi terlebih dahulu bila nilai masukan berupa numerik. Penelitian ini juga memberi usulan metode diskritisasi yang efektif untuk membangun model pengklasifikasi berbasis RST. Metode diskritisasi yang diusulkan berbasis *k*-Means dan elemen RST yang dioptimasi dengan GA yang kinerjanya dibandingkan dengan dua metode lainnya yaitu diskritisasi *equal-frequency* dan *entropy-based*.

Penelitian ini menggunakan DGA *dataset* publik yang diadopsi dari IEC 60599. Pada *dataset* ini dijumpai permasalahan adanya *missing values* dan *imbalanced data*, selain itu ukuran *dataset* tersebut juga kecil (*small dataset*) bila digunakan untuk membuat model berbasis *Data Mining*. Ketiga permasalahan ini perlu diselesaikan terlebih dahulu sebagai bagian dari proses *data preparation*. Penanganan permasalahan *missing values* dilakukan dengan teknik imputasi data, sedangkan untuk permasalahan *imbalanced data* dan ukurannya yang kecil ditangani dengan teknik *Synthetic Minority Oversampling Technique* (SMOTE) untuk menciptakan *dataset* sintesis yang berukuran cukup besar untuk digunakan sebagai *training dataset*.

Pada tahap akhir penelitian, kinerja dari semua *classifier model* diukur dengan tiga ukuran berbasis *confusion matrix*, yaitu *accuracy*, *precision* dan *recall*, dan kemudian diperbandingkan. Secara umum hasil pemodelan pengklasifikasi berbasis *Data Mining* mampu mengungguli metode konvensional secara *accuracy*, *precision*, dan *recall*. Metode *Data Mining* dapat mencapai *accuracy* terbaik sebesar 0,93 dengan metode JST dan RST, dan capaian terbaik dari metode konvensional sebesar 0,73 dengan kombinasi metode Roger dan Duval (Roger-Duval). Untuk *precision* rata-rata metode *Data Mining* dapat mencapai 0,93 dengan RST, sedang untuk konvensional sebesar 0,84 yang dapat dicapai oleh metode Roger-Duval. Sementara untuk *recall* rata-rata, metode *Data Mining* dapat mencapai sebesar 0,94 dengan RST, dan metode konvensional maksimum mencapai 0,74 dengan Roger-Duval. Terkait dengan transparansi, model pengklasifikasi yang dibangun dengan RST menghasilkan 805 *rules*. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penerapan *rough set theory* efektif

untuk mengklasifikasi kondisi transformator berbasis data *dissolved gas-in-oil analysis* dengan bentuk *ruleset* yang dapat ditelusuri proses pengklasifikasiannya. Metode ini dapat diusulkan sebagai acuan bagi praktisi di bidang industri yang berhubungan dengan pengoperasian dan perawatan transformator daya.

Kata kunci: transformator, *dissolved gas-in-oil analysis* (DGA), *fuzzy logic system*, jaringan syaraf tiruan, *adapted neuro-fuzzy inference system* (ANFIS), *rough set theory*, dan *ensemble*.

ABSTRACT

In the electricity transmission and distribution network, power transformer is one of the most important and expensive equipment. This transformer equipment determines the availability and reliability of the electric power grid. Availability and reliability of transformer equipment will have a direct impact on the distribution of electricity to consumers so that it also has an impact on the financial sector. The purpose of this study is to develop a method that is able to perform early diagnosis of the power transformer disruption based on dissolved gas-in-oil analysis (DGA) data. The current problem is that the existing conventional methods for diagnosing power transformers based on DGA data, namely Doernenburg ratio, Roger ratio and Duval triangle, result in a relatively low classification quality, even though the process in this conventional method is transparent or understandable.

The method proposed in this study is a Data Mining based classifier which is transparent in the form of an understandable ruleset, which is based on rough set theory (RST). The performance of this classifier model is then compared with other Data Mining models that are well known for their high accuracy, namely Artificial Neural Networks (ANN). The advantage of the proposed method called GARST which is a combination of k-Means, genetic algorithm (GA), and RST is a classification model in the form of ruleset so that the classification process can be traced. The problem with the RST-based method is that the input value must be a discrete value, so it is necessary to carry out a discretization process first if the input value is numeric. This study also proposes an effective discretization method to build a classifier model based on RST. The proposed discretization method is based on k-Means and RST elements optimized with GA whose performance is compared to the other two methods, namely equal-frequency and entropy-based discretization.

This study uses a public DGA dataset adopted from IEC 60599. In this dataset, there are problems with missing values, imbalanced class, and also the size of the dataset which is considered as small dataset when used to create models based on Data Mining. These three problems need to be resolved first as part of the data preparation process. The handling of missing values problems is carried out using data imputation techniques, while the problems of imbalanced data and small sizes are handled using the Synthetic Minority Oversampling Technique (SMOTE) technique to create a synthetic dataset that is large enough to be used as a training dataset.

In the final stage of the study, the performance of all classifier models were measured by three performance measures based on confusion matrix, namely accuracy, precision and recall, and then compared. In general, the results of data mining-based classifier modeling are able to outperform conventional methods in accuracy, precision, and recall. The Data Mining method can achieve the best accuracy of 0.93 with the ANN and RST methods, where the best achievement for the conventional method is 0.73 with the combination of Roger and Duval (Roger-Duval) methods. The average precision of the Data Mining method can reach 0.93 with RST, while for conventional it is 0.84 which can be achieved by the Roger-Duval method. Meanwhile, for the average recall, the Data Mining method can reach 0.94 with RST, and the maximum conventional method can reach 0.74 with Roger-Duval. Regarding transparency, the classifier model built with RST produces 805 rules. Thus, it can be concluded that the application of rough set theory is effective for classifying transformer conditions based on dissolved gas-in-oil analysis data in a ruleset form that can be traced how the classification process work. This method can be proposed as a reference for



UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Peningkatan Kinerja Pengklasifikasi Rough Set Theory Dengan Diskritisasi Berbasis K-Means Dan Algoritme Genetika Untuk Dissolved Gas-In-Oil Analysis Pada Transformator Daya

TEGUH HANDJOJO D, Teguh Bharata Adji, S.T., M.T., M.Eng., Ph.D; Ir. Noor Akhmad Setiawan, S.T., M.T., Ph.D., I

Universitas Gadjah Mada, 2022 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

practitioners in the industrial field related to the operation and maintenance of power transformers.

Keywords: *transformer, dissolved gas-in-oil analysis (DGA), fuzzy logic system, artificial neural network (ANN), adapted neuro-fuzzy inference system (ANFIS), rough set theory, and ensemble.*