

ABSTRACT

K-MEDOIDS BASED ROBUST CLUSTERING USING STOCHASTIC FRONTIER ANALYSIS RESULT: A CASE STUDY OF OPERATIONAL PERFORMANCE IN THE INDONESIAN STATE ELECTRICITY COMPANY

By

SHINTIA PUTRI SUNARDI

This study aims to analyze the technical efficiency of electricity distribution units in Indonesia and to identify patterns of their operational performance. The analysis employs *Stochastic Frontier Analysis* (SFA) with a Bayesian estimation approach to obtain more robust efficiency estimates in the presence of assumption violations and potential outliers. The data used in this study are secondary data derived from *PLN Statistics 2024 (Unaudited)* published by PT PLN (Persero), covering the operational performance of 33 electricity distribution units (UID/UIW) across Indonesia. The input variables include the length of medium-voltage distribution lines, the average electricity tariff, and the connected customer load, while the output variable is electricity sales. The results indicate that the Cobb–Douglas (CD) frontier with a Half-Normal (HN) inefficiency distribution provides the most appropriate model specification. Due to the violation of the normality assumption in the error term, Bayesian estimation with a Student's t disturbance distribution was applied to obtain more stable and robust parameter estimates. The estimated technical efficiency scores range from 0.6306 to 0.9622, with an average value of 0.8719, suggesting that most electricity distribution units operate at relatively high efficiency levels. The efficiency scores were subsequently incorporated into a K-Medoids clustering analysis together with the connected customer load variable. The clustering results reveal three clusters with good clustering quality, as indicated by a Silhouette coefficient of 0.657, a Davies–Bouldin Index (DBI) of 0.399, and an R^2 value of 0.815. Overall, the integration of Bayesian SFA and K-Medoids clustering provides a more comprehensive understanding of efficiency patterns in Indonesia's electricity distribution system.

Keywords: Stochastic Frontier Analysis, Bayesian estimation, technical efficiency, K-Medoids clustering, electricity distribution

ABSTRAK

KLASTERISASI ROBUST BERBASIS K-MEDOIDS MENGGUNAKAN HASIL STOCHASTIC FRONTIER ANALYSIS: STUDI KASUS KINERJA OPERASIONAL PADA PERUSAHAAN LISTRIK NEGARA DI INDONESIA

Oleh

SHINTIA PUTRI SUNARDI

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi teknis unit distribusi listrik di Indonesia serta mengidentifikasi pola kinerja operasionalnya. Analisis dilakukan menggunakan *Stochastic Frontier Analysis* (SFA) dengan pendekatan estimasi Bayesian untuk memperoleh estimasi efisiensi yang lebih robust ketika terdapat pelanggaran asumsi dan potensi *outlier*. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari *PLN Statistics 2024 (Unaudited)* yang diterbitkan oleh PT PLN (Persero), yang mencakup kinerja operasional dari 33 unit distribusi listrik (UID/UIW) di seluruh Indonesia. Variabel input yang digunakan meliputi panjang jaringan distribusi tegangan menengah, rata-rata tarif listrik, dan beban pelanggan tersambung, sedangkan variabel output adalah penjualan listrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa frontier Cobb–Douglas (CD) dengan distribusi inefisiensi Half-Normal (HN) merupakan spesifikasi model yang paling sesuai. Karena terjadi pelanggaran asumsi normalitas pada komponen galat, estimasi Bayesian dengan distribusi gangguan Student's t diterapkan untuk memperoleh estimasi parameter yang lebih stabil dan robust. Nilai efisiensi teknis yang diperoleh berada pada rentang 0,6306 hingga 0,9622 dengan rata-rata sebesar 0,8719, yang menunjukkan bahwa sebagian besar unit distribusi listrik beroperasi pada tingkat efisiensi yang relatif tinggi. Nilai efisiensi tersebut kemudian digunakan dalam analisis kluster K-Medoids bersama dengan variabel beban pelanggan tersambung. Hasil klusterisasi menunjukkan terbentuknya tiga kluster dengan kualitas kluster yang baik, yang ditunjukkan oleh nilai koefisien Silhouette sebesar 0,657, *Davies–Bouldin Index* (DBI) sebesar 0,399, dan nilai R^2 sebesar 0,815. Secara keseluruhan, integrasi metode Bayesian SFA dan klusterisasi K-Medoids memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai pola efisiensi dalam sistem distribusi listrik di Indonesia.

Kata Kunci: Analisis Frontier Stokastik, estimasi Bayesian, efisiensi teknis, klustering K-Medoids, distribusi listrik.