

ABSTRACT

The need for efficient energy sector management is becoming increasingly urgent due to the rising burden of fossil fuel subsidies, global energy price fluctuations, and growing pressure on the national budget (APBN). In this context, the basic electricity production cost (BPP) plays a crucial role in tariff determination, subsidy planning, and operational budgeting at PT PLN (Persero). As BPP is highly influenced by dynamic external variables such as fuel prices, energy demand, and fiscal policy, a predictive approach is essential to support proactive and data-driven decision-making.

Accurate BPP forecasting enables PLN to develop more precise budgets, simulate tariff scenarios more effectively, and provide the government with evidence-based input for allocating targeted energy subsidies. This research aims to evaluate eight advanced forecasting models—ARIMA, ElasticNet, XGBoost, KNN, LightGBM, SGD, Prophet, and Multiple Linear Regression (MLR)—using monthly historical BPP data from 2018 to 2024. The evaluation employs a scalar-based quantitative analysis using Root Mean Square Error (RMSE), as well as pattern-based quantitative analysis with Directional Accuracy (DA), Spearman's Rank Correlation, and Dynamic Time Warping (DTW) to assess alignment between forecasts and actual trends.

The results show that while ARIMA achieves the lowest RMSE (517.77), it fails to capture directional trend shifts. In contrast, XGBoost demonstrates the most balanced performance with a competitive RMSE (549.45), the highest positive Spearman correlation, and the lowest DTW distance, making it the most viable model for operational use. These findings underscore the importance of multidimensional evaluation metrics in selecting forecasting models that are not only numerically accurate but also structurally aligned with actual patterns, thus delivering tangible benefits for energy planning and subsidy policy design.

Keywords: Forecasting, Electricity Production Cost, Machine Learning, Multimetric Evaluation, PLN, Energy Subsidy.

INTISARI

Kebutuhan akan pengelolaan sektor energi yang efisien semakin mendesak seiring dengan meningkatnya beban subsidi bahan bakar fosil, fluktuasi harga energi global, serta tekanan terhadap Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (APBN). Dalam konteks ini, biaya pokok produksi tenaga listrik (BPP) memiliki peran sentral dalam penetapan tarif listrik, perencanaan subsidi, dan penganggaran operasional PT PLN (Persero). Karena BPP sangat dipengaruhi oleh variabel eksternal yang dinamis seperti harga bahan bakar, permintaan energi, dan kebijakan fiskal, diperlukan pendekatan prediktif agar proses perencanaan tidak lagi bersifat reaktif, tetapi berbasis antisipasi yang terukur.

Oleh karena itu, ketersediaan peramalan BPP yang akurat menjadi sangat penting untuk mendukung pengambilan keputusan strategis, menjaga efisiensi fiskal, dan memastikan keadilan dalam alokasi subsidi energi. Peramalan yang andal akan memungkinkan PLN menyusun anggaran yang lebih presisi, mensimulasikan skenario tarif dengan lebih efektif, serta memberikan masukan berbasis data bagi pemerintah dalam menetapkan kebijakan subsidi yang tepat sasaran.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi delapan model peramalan canggih yang meliputi ARIMA, ElasticNet, XGBoost, KNN, LightGBM, SGD, Prophet, dan MLR, dengan menggunakan data historis BPP bulanan tahun 2018–2024. Evaluasi dilakukan melalui pendekatan kuantitatif berbasis skalar menggunakan RMSE, serta pendekatan kuantitatif berbasis pola menggunakan Directional Accuracy (DA), Spearman's Rank Correlation, dan Dynamic Time Warping (DTW) Distance untuk menilai kesesuaian tren antara hasil peramalan dan data aktual.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun ARIMA memiliki nilai RMSE terendah (517.77), model ini gagal menangkap arah perubahan tren. Sebaliknya, XGBoost menunjukkan kinerja paling seimbang dengan nilai RMSE kompetitif (549.45), korelasi positif Spearman's tertinggi, dan jarak DTW terendah, menjadikannya sebagai model yang paling layak digunakan secara operasional. Temuan ini menegaskan pentingnya penggunaan metrik evaluasi multidimensi dalam memilih model peramalan yang tidak hanya akurat secara numerik, tetapi juga representatif terhadap pola tren aktual, sehingga mampu memberikan manfaat nyata bagi perencanaan energi dan kebijakan subsidi nasional.

Keywords : Peramalan, Biaya Pokok Produksi Listrik, Pembelajaran Mesin, Evaluasi Multimetrik, PLN, Subsidi Energi.