

**PERANCANGAN *SOFT SENSOR HYBRID WHALE OPTIMIZATION ALGORITHM* – *LONG-SHORT TERM MEMORY - ATTENTION* UNTUK PREDIKSI KANDUNGAN OKSIGEN PADA GAS BUANG *BOILER***

Firza El Hakim

21/472978/TK/52115

Diajukan kepada Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika Fakultas Teknik  
Universitas Gadjah Mada pada 9 Mei 2025  
untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh derajat  
Sarjana Program Studi Teknik Fisika

**INTISARI**

Sebagai komponen penting dalam pembangkit listrik tenaga batu bara, *boiler* berfungsi mengubah air menjadi uap bertekanan tinggi. Kandungan oksigen dalam gas buang mencerminkan proses pembakaran khususnya di dalam *subcritical boiler*. Konsentrasi oksigen ini memengaruhi efisiensi termal, energi, serta emisi yang dihasilkan sehingga pemantauan kadar oksigen dalam gas buang diperlukan, namun sensor fisik yang digunakan memiliki keterbatasan seperti kebutuhan kalibrasi berkala dan sensitivitas terhadap kondisi operasi ekstrem.

Penelitian ini mengusulkan model *soft sensor* untuk prediksi kandungan oksigen dalam gas buang dengan pendekatan metode hibrida yang menggabungkan algoritma optimasi paus (*Whale Optimization Algorithm/WOA*) dan jaringan *long short-term memory* (LSTM) dengan mekanisme *Attention*. WOA digunakan untuk mengoptimalkan parameter pembelajaran, seperti jumlah unit LSTM, laju pembelajaran, dan *dropout* guna meningkatkan akurasi prediksi. Data dalam studi ini diterima dari pembangkit listrik tenaga batu bara di PT. Kilang Pertamina Internasional RU V Balikpapan berkapasitas 34,5 MW sebagai dasar validasi efektivitas model.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *WOA-LSTM-Attention* memiliki kinerja sangat baik dalam memprediksi kandungan oksigen dalam gas buang. Optimasi menggunakan WOA menghasilkan parameter optimal, yaitu 64 unit LSTM, laju pembelajaran 0,001, dan *dropout* 0,3. Model ini mencapai RMSE 0,0144, MSE 0,0002, MAE 0,0081, MAPE 0,80%, serta koefisien determinasi  $R^2$  sebesar 1,00. Hasil ini menunjukkan bahwa *soft sensor* model *hybrid WOA-LSTM-Attention* mampu memberikan prediksi lebih akurat dan stabil, sehingga efektif diterapkan dalam sistem pemantauan kandungan oksigen di pembangkit listrik tenaga batu bara.

**Kata kunci:** *soft sensor, boiler, WOA-LSTM-Attention, kandungan oksigen.*

Pembimbing Utama : Prof. Ir. Nazrul Effendy, S.T, M.T., Ph.D., IPM.

Pembimbing Pendamping : Ir. Agus Arif, M.T.



## DESIGN OF SOFT SENSOR USING HYBRID WHALE OPTIMIZATION ALGORITHM – LONG-SHORT TERM MEMORY - ATTENTION FOR OXYGEN CONTENT PREDICTION IN BOILER FLUE GAS

Firza El Hakim

21/472978/TK/52115

Submitted to the Department of Nuclear Engineering and Engineering Physics  
Faculty of Engineering Universitas Gadjah Mada on 9 May, 2025  
in partial fulfillment of the requirement for the Degree of  
Bachelor of Engineering in Engineering Physics

### ABSTRACT

As a critical component in coal-fired power plants, the boiler functions to convert water into high-pressure steam. The oxygen content in flue gas reflects the combustion process, particularly in subcritical boilers. This oxygen concentration affects thermal efficiency, energy utilization, and emissions, making flue gas oxygen monitoring essential. However, physical sensors used for this purpose have limitations, such as the need for periodic calibration and sensitivity to extreme operating conditions.

This study proposes a soft sensor model for predicting oxygen content in flue gas using a hybrid approach that combines the Whale Optimization Algorithm (WOA) and a Long Short-Term Memory (LSTM) network with an Attention mechanism. WOA is utilized to optimize learning parameters such as the number of LSTM units, learning rate, and dropout to improve prediction accuracy. The dataset used in this study was obtained from a 34.5 MW coal-fired power plant at PT Kilang Pertamina Internasional RU V Balikpapan as the basis for validating the model's effectiveness.

The results show that the WOA-LSTM-Attention model performs very well in predicting oxygen content in flue gas. Optimization using WOA yielded optimal parameters of 64 LSTM units, a learning rate of 0.001, and a dropout rate of 0.3. The model achieved an RMSE of 0.0144, MSE of 0.0002, MAE of 0.0081, MAPE of 0.80%, and a coefficient of determination ( $R^2$ ) of 1.00. These results indicate that the hybrid WOA-LSTM-Attention soft sensor model can provide more accurate and stable predictions, making it effective for oxygen monitoring systems in coal-fired power plants.

**Keywords:** *soft sensor, boiler, WOA-LSTM-Attention, oxygen content.*

Supervisor : Prof. Ir. Nazrul Effendy, S.T, M.T., Ph.D., IPM.

Co-supervisor : Ir. Agus Arif, M.T.

