

ABSTRAK

Prediksi *Remaining Useful Life* (RUL) pada mesin *Electrical Submersible Pump* (ESP), komponen penting dalam pengeboran energi minyak fosil, sangat penting untuk pemeliharaan yang efisien dan efektif dari sistem operasi tersebut. Penelitian ini memperkenalkan metode pembelajaran fitur dalam yang menggabungkan *Convolutional Neural Network* (CNN), *Long Short-Term Memory* (LSTM), dan jaringan Transformer ke dalam metode saluran paralel untuk memprediksi RUL dari mesin ESP. Secara khusus, dua saluran paralel secara independen mengekstraksi fitur domain waktu-frekuensi dan fitur domain waktu dari indikator seperti *Motor Ampere*, *Frequency Motor*, *Pump Intake Pressure*, *Temperature*, *Output Volt*, *Pump Discharge Pressure*, *Input Voltage*, *ESP Stages*, serta *Motor Horse Power* (HP), kemudian melakukan estimasi waktu pada mesin dengan *feature learning*. Indikator dan estimasi RUL tersebut kemudian digabungkan untuk memprediksi RUL dari mesin ESP. Metode kemudian dilakukan validasi serta dibandingkan dengan metode lain dengan menghitung nilai *Mean Absolute Error* (MAE), *Mean Squared Error* (MSE), *Root Mean Squared Error* (RMSE), dan *R-Squared* (R^2). Dari hasil validasi diketahui bahwa metode CNN LSTM Transformer memiliki akurasi terbaik dibanding metode lain. Secara keseluruhan, metode yang diusulkan mendukung operasi dan pemeliharaan mesin ESP yang aman dan berorientasi pada penghematan biaya.

Kata Kunci : *Electrical Submersible Pump*, prediksi *Remaining Useful Life*, *Deep Learning*, *Convolutional Neural Network*, *Long Short-Term Memory*, *Transformer model*