

Penerapan *data mining* sekarang ini sangat berkembang di berbagai area, termasuk di dunia industri perminyakan. Fenomena penyumbatan aliran minyak di dalam pipa penyalur yang diakibatkan perubahan fase ini dikenal di dunia industri minyak sebagai fenomena *congeal*. Fenomena *congeal* ini dialami hampir di semua lapangan industri minyak mentah di seluruh dunia, yang perlu dicari solusi yang menyesuaikan perkembangan teknologi yang ada. Dampak yang diakibatkan yang luar biasa yaitu berupa pencemaran lingkungan akibat kenaikan tekanan yang sangat tinggi yang bisa membuat pecahnya pipa penyalur minyak dan juga kerugian finansial perusahaan yang ditimbulkan dalam tingkatan jutaan USD akibat terhentinya operasi penjualan minyak dan dana yang diperlukan untuk pemulihan dan pembersihan akibat kebocoran pipa. Solusi yang ada saat ini tidak bisa dipakai untuk memprediksi data dinamis sesuai dengan kenyataan yang sesungguhnya. Akibatnya tindakan pencegahan lebih awal terjadinya *congeal* tidak bisa dilakukan. Oleh karena itu, perlu dibuatkan model *data mining* untuk memprediksi tekanan operasi pada sistem dinamis dengan menggunakan data runtun waktu.

Untuk mengatasi situasi ini, data runtun waktu digunakan untuk melakukan pengawasan terhadap kondisi aliran fluida minyak mentah di dalam pipa untuk menghindari terjadinya penyumbatan akibat fenomena *congeal*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan pemodelan dengan *data mining* terhadap operasi penyaluran minyak dan melakukan peramalan terhadap tekanan operasi untuk beberapa hari ke depan dengan memasukkan pengaruh dari luar pipa, seperti suhu lingkungan dengan presipitasi hujan. Penelitian ini menggunakan tiga algoritme dalam melakukan peramalan, yaitu: *multi-layer perceptron* (MLP), *long short-term memory* (LSTM) dan *non-linear autoregressive exogenous model* (NARX) yang hasilnya dievaluasi dan dibandingkan menggunakan standar evaluasi regresi metrik.

Berdasarkan ke tiga pemodelan dalam penelitian ini, pemilihan metode NARX dengan MLP sebagai *regressor* mempunyai kemampuan dan kesesuaian yang tinggi untuk meramal tekanan operasi empat hari ke depan terhadap data lapangan yang sesungguhnya terjadi. Peramalan untuk waktu terdekat yaitu  $t_0$  mempunyai nilai evaluasi tertinggi dengan nilai RMSE sebesar 4,83. Nilai yang didapatkan ini 11% lebih bagus dibanding hasil evaluasi dari pemodelan LSTM dan 26% lebih bagus dari ANN dengan menggunakan ReLu sebagai aktivasinya. Hasil evaluasi dari pemodelan menggunakan NARX dengan MLP ini konsisten memberikan hasil yang terbaik, termasuk sampai dengan peramalan untuk empat hari ke depan. Dengan didapatkannya model peramalan tekanan operasi untuk beberapa hari ke depan ini, sistem operasi di lapangan saat ini terbukti mempunyai kemampuan untuk melakukan antisipasi dalam mencegah terjadinya penyumbatan yang diakibatkan pengentalan minyak mentah.

**Kata Kunci:** *data mining*, tekanan; peramalan; pipa; minyak mentah; MLP; LSTM; NARX

The implementation of data mining has become very popular in many fields recently, including in the petroleum industry. It is widely used to help in decision-making processes in order to minimize oil losses during operations. One of the major causes of loss is oil flow blockages during transport to the gathering facility, known as the *congeal* phenomenon. The blockage that occurs is due to a change in the phase of crude oil flowing in the pipe from looking to solid due to an increase in the viscosity of the flowing oil. Many factors affect the viscosity of this oil flow, both internal factors from the properties of the crude oil fluid itself and external factors such as rain conditions which will have an impact on changes in the temperature of the outside environment. The phenomenon of blockage of oil flow in the pipeline caused by this phase change is known in the oil industry as a congeal phenomenon. This congeal phenomenon is experienced in almost all fields of the crude oil industry in around the world, which need to find a solution according to existing technological developments. The impact is extraordinary, namely in the form of environmental pollution due to a very high pressure increase that can cause the rupture of the oil supply pipeline and also the company's financial losses incurred in the level of millions USD due to shut in on oil sale operation process and the funds needed for recovery and cleanup due to pipe leaks. . The problem faced today is that the existing solutions are available to explain and predict the occurrence of wax deposition as the cause of congeal according to experimental data using static data under controlled conditions. However, this solution cannot be used to predict dynamic data according to actual reality. As a result, early prevention of congeal cannot be done. Therefore, it is necessary to develop a data mining model to forecast the operating pressure on a dynamic system using time series data.

To overcome this situation, real-time surveillance is used to monitor the oil flow condition inside pipes. The objective of this study is to forecast the pressure several days in advance using real-time pressure data, as well as external factor data recorded by nearby weather stations, such as ambient temperature and precipitation. Three machine learning algorithms are evaluated, including multi-layer perceptron (MLP), long short-term memory (LSTM), and non-linear autoregressive exogenous model (NARX), which are compared with each other using standard regression evaluation metrics.

Based on the three models in this study, the selection of the NARX method with MLP as a regressor has a high ability and suitability to forecast operating pressures for the next four days against actual field data. Forecasting for the nearest time is  $t_0$ . It has the excellent evaluation value with an RMSE value of 4.83. The value obtained is 11% improve than the evaluation results from LSTM modeling and 26% better than ANN using ReLu as its activation. The evaluation results from modeling using NARX with MLP consistently provide the best results, including up to forecasting for the next four days. By forecasting the pressure several days ahead, system owners may take pre-emptive actions to prevent congealing.

**Keywords:** data mining; pressure; forecasting; pipeline; crude oil; LSTM; NARX