

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Industri minyak dan gas memiliki peranan penting dalam mendukung berbagai sektor ekonomi. Gas alam telah diakui sebagai pasokan energi menjanjikan bagi masyarakat modern karena relatif sedikit polusi udara dalam tiap konsumsinya, sementara untuk operasional transportasi berupa pipa lebih disukai terutama untuk transmisi jarak jauh [1]. Operasional jaringan pipa minyak dan gas alam, sebagai salah satu komponen kritikal, memerlukan pemantauan yang akurat dan berkelanjutan untuk menjaga keselamatan dan efisiensi pengoperasiannya. Dalam operasional ini, data *time series* yang dihasilkan memungkinkan pemantauan berbagai parameter seperti tekanan, tingkat *energy*, volume dan suhu yang berpotensi mendeteksi adanya kondisi abnormal atau anomali yang dapat mengindikasikan masalah serius, termasuk kebocoran atau kerusakan.

Pengukuran berkelanjutan dari beberapa variabel yang saling terkait akan menyediakan aliran data yang dapat digunakan untuk mendeteksi potensi masalah. Deteksi dini terhadap beberapa anomali aliran data memungkinkan respons cepat terhadap setiap kejadian atau insiden yang tidak diinginkan [2]. Namun, deteksi dini terhadap anomali pada data *time series* operasional pipa gas sering kali sulit dilakukan secara manual karena besarnya volume data dan kompleksitas musiman yang sering muncul.

Pada penelitian sebelumnya, menunjukkan bahwa algoritma berbasis *deep learning* seperti *long short-term memory* (LSTM) memiliki keunggulan dalam mengenali pola sekuensial dan pola jangka panjang dalam data *time series* dengan membandingkan hasil performa LSTM dengan pendekatan lain yaitu *recurrent neural network* (RNN) menggunakan *unit sigmoid*. Hasil LSTM menunjukkan peningkatan signifikan sebesar 18% dan 30% dalam skor F0.1 dibandingkan dengan RNN sehingga memungkinkan deteksi anomali yang lebih efektif. Jaringan LSTM telah terbukti sangat berguna untuk mempelajari urutan yang mengandung pola jangka panjang yang tidak diketahui, berkat kemampuannya untuk mempertahankan memori jangka panjang [3].

Meskipun LSTM efektif dalam mendeteksi pola dalam data *time series*, mengidentifikasi dan mengelompokkan anomali bisa menjadi sebuah masalah. Penggunaan algoritma DBSCAN (*density-based spatial clustering of applications with noise*) sangat penting dalam hal ini karena merupakan algoritma *clustering* yang menggunakan kepadatan untuk mengidentifikasi kluster dan mampu menangani *noise* dan *outlier* dengan baik. Keunggulannya adalah kemampuan untuk menemukan kluster dalam bentuk yang dipilih dan relevan untuk data operasional pipa yang tidak terdistribusi secara normal [4].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Deng et al (2020), hasil penelitian menunjukkan bahwa DBSCAN secara signifikan meningkatkan deteksi anomali dengan mengurangi *false positive* serta meningkatkan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan *K-means clustering* yaitu 80% [4].

Dalam penelitian ini, DBSCAN akan digunakan untuk mengelompokkan hasil prediksi dari model LSTM, metode perhitungan *residuals* juga digunakan untuk memudahkan DBSCAN mengidentifikasi anomali. Kombinasi LSTM dan DBSCAN diharapkan akan meningkatkan akurasi deteksi anomali dari penelitian sebelumnya yang tidak menggunakan metode *hybrid* dan memungkinkan pemantauan yang lebih proaktif terhadap kondisi operasional pipa.

1.2 Topik dan Batasannya

Penelitian ini mengimplementasikan identifikasi anomali pada data *time series* operasional pipa minyak dan gas menggunakan kombinasi algoritma LSTM dan DBSCAN. Analisis dilakukan pada data *time series* operasional pipa minyak dan gas tahun 2021 yang berfokus pada fitur *temperature*, *pressure*, *energy_rate*, *volume_rate*.

1.3 Tujuan

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengimplementasikan kombinasi algoritma LSTM dan DBSCAN untuk deteksi anomali pada data *time series* operasional pipa minyak dan gas dengan LSTM untuk prediksi yang di optimasi menggunakan *manual hyperparameter tuning* dan mendeteksi anomali menggunakan DBSCAN pada nilai antara nilai aktual dan nilai prediksi LSTM. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi performa algoritma DBSCAN dalam mengelompokkan hasil prediksi dari model LSTM dan menganalisis efektivitas dan akurasi hasil deteksi anomali.