

Abstract

Water purification systems are essential in modern industry but often face issues like filter clogging (membrane fouling), which can reduce freshwater production. This research proposes a data-driven decision support system using deep learning to address this problem. All of the four models, LSTM (Long Short-Term Memory), Bidirectional LSTM, and Bidirectional LSTM + Transformer were trained using historical data to predict flowrate, which was then used to detect chemical treatments.

The study was started by pre-processing the data that consist of 1 month (46,000 minutes) of data that consist of flowrate, inlet pressure and outlet pressure variable, then the prediction model were built in two stages. At the first stage, 60 minutes of future flowrate prediction were made based on a 60-minute historical input of key features. The second stage used the predicted flowrate to identify potential chemical treatments and compare their predicted timings with actual events.

Results show that the Bidirectional LSTM + Transformer achieved the lowest RMSE of 26.01, slightly outperforming Bidirectional LSTM RMSE of 26.02 and LSTM RMSE of 26.03. However, the LSTM model provided the best chemical treatment prediction, with the highest F1-Score of 0.80, compared to 0.79 for Bidirectional LSTM and 0.72 for Bidirectional LSTM + Transformer. These findings highlight that while more complex models may slightly improve flowrate prediction accuracy, simpler models like LSTM can outperform them in identifying treatment patterns. This offers valuable insight into model selection for time-series prediction tasks in industrial applications.

Keywords: Ultrafiltration, Deep Learning, Membrane Fouling, LSTM, Transformer

Intisari

Sistem pemurnian air merupakan bagian penting dalam industri modern, namun sering menghadapi masalah seperti penyumbatan filter (membrane fouling) yang dapat mengurangi produksi air bersih. Penelitian ini mengusulkan sistem pendukung keputusan berbasis data dengan menggunakan metode deep learning untuk mengatasi masalah tersebut. Model LSTM (Long Short-Term Memory), Bidirectional LSTM, dan Bidirectional LSTM + Transformer dilatih dengan menggunakan data historis untuk memprediksi laju aliran (*flowrate*), yang kemudian digunakan untuk mendeteksi perlakuan kimia (*chemical treatment*).

Penelitian dimulai dengan melakukan pre-processing terhadap data dalam kurun waktu 1 bulan (46.000) menit yang berisikan 3 variabel yakni laju alir, tekanan masukan dan tekanan keluaran, kemudian model yang dibangun akan melewati 2 tahap. Tahap pertama memprediksi laju aliran selama 60 menit ke depan berdasarkan data historis selama 60 menit sebelumnya dari fitur-fitur penting. Tahap kedua menggunakan hasil prediksi tersebut untuk mengidentifikasi kemungkinan terjadinya chemical treatment dan membandingkan waktu prediksi dengan kejadian sebenarnya.

Hasil menunjukkan bahwa model Bidirectional LSTM + Transformer menghasilkan nilai RMSE terendah sebesar 26,01, sedikit lebih baik dibandingkan Bidirectional LSTM sebesar 26,02 dan LSTM sebesar 26,03. Akan tetapi, model LSTM memberikan hasil terbaik dalam memprediksi chemical treatment dengan F1-Score tertinggi sebesar 0,80, dibandingkan nilai F1 sebesar 0,79 untuk Bidirectional LSTM dan 0,72 untuk Bidirectional LSTM + Transformer. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun model yang lebih kompleks dapat sedikit meningkatkan akurasi prediksi flowrate, model yang lebih sederhana seperti LSTM justru lebih baik dalam mengenali pola perlakuan kimia. Hal ini memberikan wawasan penting mengenai pemilihan model untuk tugas prediksi deret waktu di aplikasi industri.

Kata Kunci: Ultrafiltrasi, *Deep Learning*, *Membrane Fouling*, LSTM, Transformer