



Prediksi Kebutuhan Konsumsi Air Minum Pelanggan di PDAM Tirta Aji Wonosobo Cabang Leksono Menggunakan Algoritma LSTM

Muhammad Assegaf *, Muhammad Fuat Asnawi, Alif Muwafiq Baihaqy

Program studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Sains Al-Qur'an, Indonesia

*Email (Penulis Korespondensi): muhammadassegaf53@gmail.com

Abstrak. Kebutuhan air bersih di Kabupaten Wonosobo terus meningkat, namun distribusinya masih menghadapi kendala akibat kondisi geografis dan sistem perencanaan yang bersifat reaktif sehingga sering terjadi ketidakseimbangan antara suplai dan permintaan. Selain itu, data historis konsumsi air dan jumlah pelanggan belum dimanfaatkan secara optimal untuk melakukan prediksi dini kebutuhan air. Penelitian ini bertujuan memprediksi kebutuhan air bersih harian menggunakan metode Long Short-Term Memory (LSTM). Penelitian ini menggunakan data historis harian volume air dan jumlah pelanggan yang diproses melalui tahapan preprocessing, pembentukan sequence, serta pembagian data latih dan uji. Model LSTM kemudian dievaluasi menggunakan MAE, MSE, RMSE, dan MAPE serta diintegrasikan ke dalam sistem berbasis website. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model LSTM menghasilkan Nilai evaluasi yaitu MAE sebesar 86.84, MSE sebesar 14417, RMSE sebesar 119.67, dan MAPE sebesar 2.94%. Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa metode Long Short-Term Memory (LSTM) efektif dalam memprediksi kebutuhan air bersih harian dengan tingkat akurasi yang baik. Model yang dikembangkan berpotensi diterapkan sebagai sistem pendukung keputusan untuk membantu PDAM dalam merencanakan distribusi air, mengoptimalkan operasional pompa, serta mengurangi risiko ketidakseimbangan suplai dan permintaan secara lebih berbasis data.

Kata kunci: Prediksi; Kebutuhan Air; LSTM; PDAM; Deep Learning

Abstract. Clean water demand in Wonosobo Regency continues to increase; however, its distribution still faces challenges due to geographical conditions and reactive planning systems, often resulting in an imbalance between supply and demand. In addition, historical data on water consumption and the number of customers have not been optimally utilized for early prediction of water demand. This study aims to predict daily clean water demand using the Long Short-Term Memory (LSTM) method. The dataset consists of historical daily water volume and customer data, which are processed through preprocessing, sequence generation, and data splitting into training and testing sets. The LSTM model is evaluated using MAE, MSE, RMSE, and MAPE metrics and is integrated into a web-based system. The experimental results show that the LSTM model achieves an MAE of 86.84, MSE of 14.417, RMSE of 119.67, and MAPE of 2.94%. These findings indicate that the LSTM method is effective in predicting daily clean water demand with a good level of accuracy. The developed model has the potential to be implemented as a decision support system to assist water utilities (PDAM) in planning water distribution, optimizing pump operations, and reducing the risk of supply-demand imbalance in a more data-driven manner.

Keywords: Prediction; Water Demand; LSTM; PDAM; Deep Learning

1. Pendahuluan

Kebutuhan air bersih merupakan aspek penting yang harus dikelola secara optimal oleh PDAM, terutama dengan meningkatnya jumlah penduduk dan aktivitas ekonomi yang terus mendorong permintaan. Di sisi lain, tingkat kehilangan air nasional masih mencapai 33,51% sehingga berdampak pada inefisiensi operasional (Kementerian PUPR, 2024).

PDAM Tirta Aji Wonosobo sebenarnya telah memiliki data historis konsumsi dan jumlah pelanggan, namun pemanfaatannya untuk prediksi masih belum optimal. Kondisi geografis wilayah yang kompleks serta fluktuasi kebutuhan air harian juga menambah tantangan dalam distribusi (Simanjuntak dkk., 2025).

Beberapa metode telah dilakukan untuk memprediksi kebutuhan air, seperti regresi linier, SARIMA, dan jaringan syaraf tiruan. Namun, metode tersebut masih memiliki keterbatasan, terutama dalam menangkap pola non-linear dan dependensi jangka panjang pada data time-series (Agustina dkk., 2023; Muhammad Thoriq dkk., 2023; Nurdin dkk., 2025). Seiring dengan perkembangan teknologi, pendekatan deep learning mulai banyak digunakan karena kemampuannya dalam memodelkan data deret waktu yang kompleks. Salah satu metode yang paling populer yaitu Long Short-Term Memory (LSTM), yang merupakan perkembangan dari Recurrent Neural Network (RNN) dan dirancang untuk mengatasi permasalahan vanishing gradient sehingga mampu menangkap dependensi jangka panjang pada data time-series (Agusmawati dkk., 2023).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa LSTM memiliki performa yang lebih baik dibandingkan metode konvensional, meskipun masih terdapat keterbatasan seperti penggunaan data agregasi bulanan atau model yang kompleks sehingga kurang praktis untuk implementasi operasional (Puspita dkk., 2025; Simanjuntak dkk., 2025). Selain itu, pemanfaatan data harian serta variabel pendukung seperti jumlah pelanggan juga masih terbatas, padahal faktor tersebut memiliki pengaruh langsung terhadap tingkat kebutuhan air. (Puspita dkk., 2025).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan model prediksi kebutuhan air menggunakan metode LSTM berbasis data harian dengan penambahan variabel jumlah pelanggan untuk menangkap dinamika kebutuhan air secara lebih detail dan realistis. Kebaruan penelitian terletak pada penggunaan kombinasi data harian dan variabel pelanggan yang diintegrasikan ke dalam sistem berbasis website sehingga hasil prediksi tidak hanya berfokus pada aspek akurasi, tetapi juga implementatif sebagai pendukung pengambilan keputusan operasional distribusi air (Simanjuntak dkk., 2025; Zhou dkk., 2024). Evaluasi model dilakukan menggunakan metrik MAE, MSE, RMSE dan MAPE guna mendukung pengelolaan distribusi air yang lebih efisien dan berbasis data.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) yang didefinisikan sebagai metode penelitian yang bertujuan menghasilkan produk tertentu sekaligus menguji efektivitas produk tersebut (Sudaryono dkk., t.t.). Pemilihan metode R&D dalam penelitian ini didasarkan pada dua karakteristik utama yang sesuai, yaitu: (1) penelitian ini menghasilkan produk nyata berupa model prediksi berbasis LSTM yang diimplementasikan ke dalam sistem berbasis website, bukan sekadar menganalisis fenomena; dan (2) produk yang dihasilkan dievaluasi secara empiris menggunakan data pengujian untuk mengukur efektivitas dan tingkat akurasi.

Tahapan R&D dalam penelitian ini meliputi: (1) analisis kebutuhan, yakni mengidentifikasi permasalahan distribusi air di PDAM Tirta Aji Wonosobo Cabang Leksono; (2) pengembangan produk, yakni membangun model LSTM melalui proses preprocessing, perancangan arsitektur, dan pelatihan model; serta (3) pengujian produk, yakni mengevaluasi performa model menggunakan metrik MAE, MSE, RMSE, dan MAPE dan mengintegrasikannya ke dalam sistem website. Dengan demikian, pendekatan R&D dipilih karena penelitian ini tidak berhenti pada eksperimen model, melainkan berlanjut hingga tahap implementasi sistem yang dapat digunakan secara operasional oleh PDAM.

2.1 Dataset

Dataset yang digunakan merupakan data yang diambil dari aplikasi internal PDAM bernama Logger, pada aplikasi tersebut terdapat data historis penggunaan air pada seluruh caang PDAM Tirta Aji Wonosobo. Pada penelitian ini, data yang diambil merupakan data periode 1 Januari 2023-31 Desember 2025 pada Cabang Leksono spesifik District Meter Area (DMA) Wonorejo. Selain data penggunaan air, data jumlah pelanggan juga menjadi salah satu variabel yang diambil dikarenakan jumlah pelanggan sangat mempengaruhi volume penggunaan air.

2.2 Preprocessing dan Split Data

Pada tahap preprocessing, dilakukan pengecekan missing values pada data yang kosong agar kualitas data tetap terjaga sebelum digunakan dalam proses pelatihan model. Selain itu, dilakukan feature engineering untuk membantu model mengenali pola temporal pada data kebutuhan air.

Feature engineering dilakukan dengan menambahkan fitur lag1, lag2, dan lag3 yang merepresentasikan nilai kebutuhan air pada periode sebelumnya sehingga model dapat mempelajari hubungan historis dan tren data. Selain itu, digunakan fitur sin_day dan cos_day untuk merepresentasikan pola siklus waktu secara periodik agar model lebih mampu menangkap pola temporal yang berulang.

Selanjutnya, normalisasi data dilakukan menggunakan StandardScaler untuk menyamakan skala antar fitur sehingga proses pelatihan model menjadi lebih optimal. Data yang telah diproses kemudian dibagi menjadi data training sebesar 80% dan data testing sebesar 20%. Data training digunakan untuk melatih model, sedangkan data testing digunakan untuk mengevaluasi performa model pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya.

2.3 Data Windowing dan Perancangan Model

Data windowing adalah proses transformasi data deret waktu menjadi bentuk sequence atau urutan data yang dapat diproses oleh model LSTM. Dalam penelitian ini, sejumlah data historis pada beberapa hari sebelumnya digunakan sebagai input untuk memprediksi kebutuhan air pada hari berikutnya.

Model yang digunakan adalah arsitektur Long Short-Term Memory (LSTM) untuk prediksi deret waktu. Model terdiri dari dua lapisan LSTM, masing-masing dengan 64 unit (return_sequence = True) dan 32 unit, serta satu lapisan Dropout sebesar 0,2 untuk mengurangi overfitting. Lapisan output menggunakan Dense dengan jumlah neuron

sebanyak n_future untuk menghasilkan prediksi multi-step secara langsung. Proses pelatihan menggunakan optimizer Adam.

2.4 Training Model

Proses training model dilakukan selama maksimal 80 epoch dengan ukuran batch sebesar 16, serta menggunakan validasi untuk memantau kinerja model. Pencegahan overfitting juga dilakukan dengan menerapkan teknik early stopping melalui callback EarlyStopping dengan parameter patience sebesar 10 dan `restore_best_weight=True`. Mekanisme ini akan menghentikan pelatihan secara otomatis ketika tidak ada peningkatan pada data validasi dalam 10 epoch berturut-turut, sekaligus mengembalikan bobot terbaik yang diperoleh selama pelatihan.

2.5 Model Prediksi dan Hasil Evaluasi Matrik

Setelah proses training pada model selesai, selanjutnya dilakukan prediksi pada model menggunakan data testing. Kemudian data testing aktual dan data hasil prediksi dibandingkan dan diukur nilai errornya menggunakan matrik evaluasi MAE, MSE, RMSE dan juga MAPE.

2.6 Implementasi Model pada Sistem Website

Setelah mendapatkan model final, model terbaik diekspor dan diimplementasikan di dalam sistem berbasis website yang digunakan untuk melakukan prediksi melalui website untuk memudahkan pengguna dalam melakukan prediksi.

3. Hasil dan Pembahasan

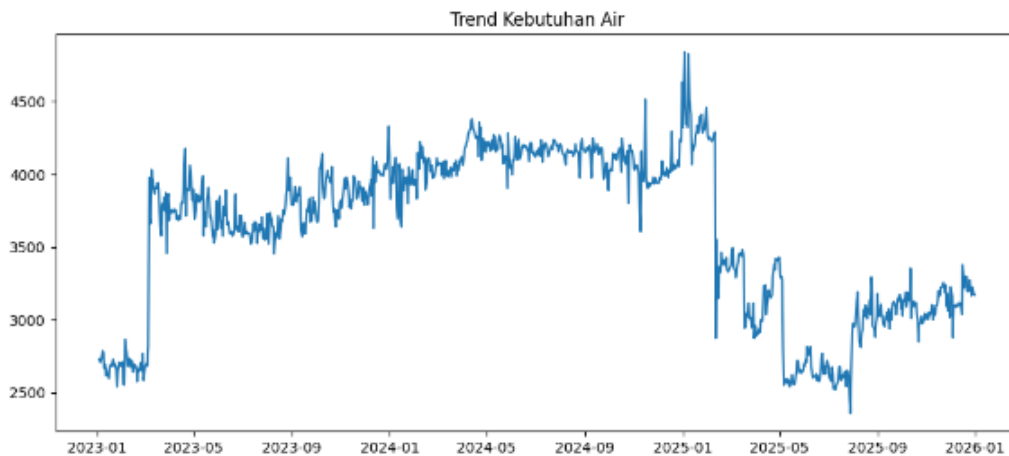
3.1 Hasil

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data, pelatihan model LSTM, evaluasi performa model, serta implementasi model ke dalam sistem berbasis web. Dataset yang digunakan merupakan data kebutuhan air harian periode 1 Januari 2023 hingga 31 Desember 2025 yang diperoleh dari aplikasi Logger dan disimpan dalam format XLSX. Sampel dataset mentah ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sampel Dataset Mentah

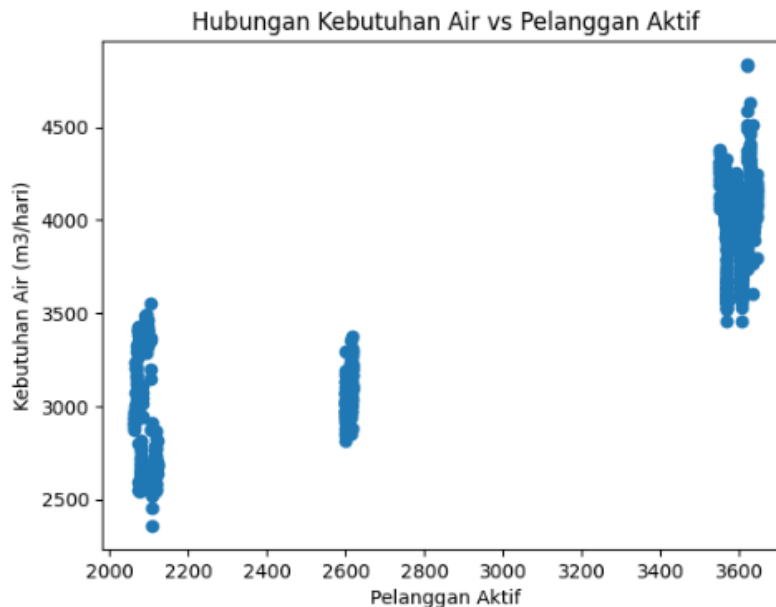
Tanggal	kebutuhan_m3 _hari	Pelanggan
1/1/2023 0:00	2705.184	2115
1/2/2023 0:00	2766.528	2115
1/3/2023 0:00	2757.024	2115
1/4/2023 0:00	2731.104	2115
1/5/2023 0:00	2707.776	2115

Berdasarkan data yang diperoleh pada Tabel 1, dilakukan visualisasi tren kebutuhan air untuk mengetahui pola perubahan kebutuhan air selama periode penelitian. Hasil visualisasi pada Gambar 2 menunjukkan bahwa kebutuhan air mengalami kenaikan dan penurunan yang cukup signifikan pada beberapa periode tertentu..



Gambar 2. Trend Kebutuhan Air

Selain itu, dilakukan analisis hubungan antara kebutuhan air dengan jumlah pelanggan aktif. Pada visualisasi Gambar 3 menunjukkan adanya hubungan positif antara kedua variabel, di mana peningkatan jumlah pelanggan aktif cenderung diikuti dengan meningkatnya kebutuhan air.



Gambar 3. Hubungan Variabel Kebutuhan Air vs Pelanggan Aktif

Sebelum proses pelatihan model dilakukan, data terlebih dahulu melalui tahapan preprocessing berupa feature engineering dan normalisasi menggunakan StandardScaler. Proses ini bertujuan untuk menyamakan skala antar variabel sehingga model dapat belajar dengan lebih optimal. Hasil normalisasi ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Sampel Hasil Normalisasi Data

y	pelang gan_ak tif	sin_ day	cos_d ay	lag1	lag2	lag3
-1.62	-1.60	0.61	-1.27	-1.57	-1.55	-1.66
-1.66	-1.60	-0.61	-1.27	-1.61	-1.56	-1.54
-1.62	-1.60	-1.38	-0.31	-1.66	-1.61	-1.56
-1.60	-1.60	-1.11	0.88	-1.62	-1.65	-1.61
-1.51	-1.60	0.00	1.41	-1.60	-1.62	-1.65

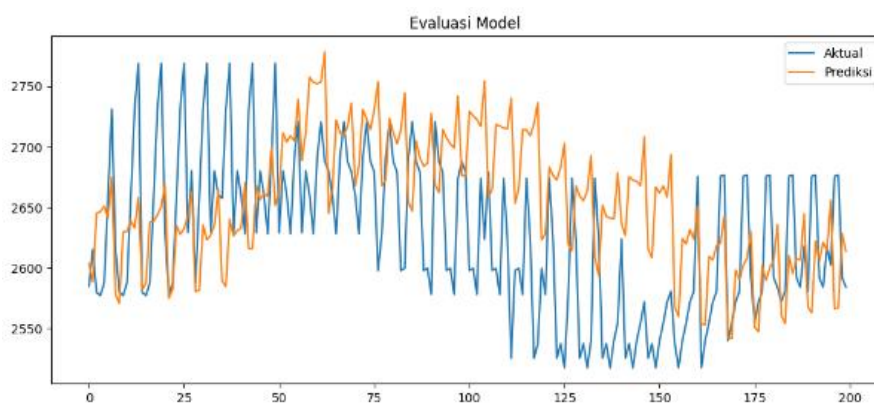
Setelah preprocessing selesai dilakukan, model LSTM dilatih menggunakan data training dan validation. Hasil pelatihan model ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Training

Epoch	Training Loss	Validation Loss
1	0.4548	0.3121
2	0.287	0.4961
3	0.2546	0.6211
7	0.2288	0.1793
14	0.2152	0.1891
16	0.2191	0.1846

Hasil pelatihan menunjukkan bahwa nilai training loss mengalami penurunan secara bertahap. Validation loss sempat mengalami fluktuasi pada awal pelatihan, namun kemudian menurun dan menjadi lebih stabil. Pelatihan dihentikan pada epoch ke-16 menggunakan metode EarlyStopping karena tidak ditemukan peningkatan performa yang signifikan.

Selanjutnya dilakukan evaluasi performa model menggunakan beberapa metrik evaluasi, yaitu MAE, MSE, RMSE, dan MAPE. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model memperoleh nilai MAE sebesar 86.84, MSE sebesar 14417, RMSE sebesar 119.67, dan MAPE sebesar 2.94%.



Gambar 4. Evaluasi Model

Hasil evaluasi pada Gambar 4 menunjukkan bahwa model mampu mengikuti pola data aktual dengan cukup baik. Garis prediksi LSTM terlihat mendekati garis aktual meskipun

masih terdapat selisih pada beberapa titik dengan fluktuasi tinggi. Untuk melihat perbedaan hasil prediksi dengan data aktual, dilakukan pengujian terhadap beberapa data sampel seperti pada Tabel 4.

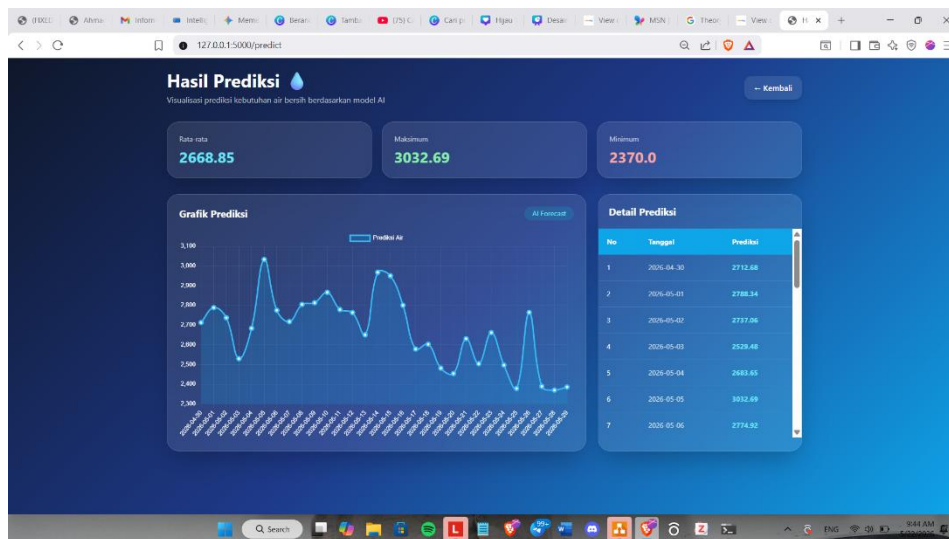
Tabel 4. Selisih Kebutuhan Aktual dan Prediksi

Tanggal	kebutuhan	kebutuhan	selisih/error
	aktual	prediksi	
2026-01-01	3176	3179.3	-3.3
2026-01-02	3157	3167.5	-10.5
2026-01-03	3116	3188.8	-72.8
2026-01-04	3144	3158.0	-14.0
2026-01-05	3171	3159.3	11.7
2026-01-06	3195	3141.3	53.7

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil menerima input data, menjalankan proses prediksi, dan menghasilkan output sesuai jumlah data yang diproses. Model yang telah dilatih kemudian diimplementasikan ke dalam sistem berbasis web.

Sistem prediksi kebutuhan air dibangun menggunakan arsitektur berbasis web yang terdiri dari frontend, backend, model LSTM, dan database. Frontend digunakan untuk menampilkan antarmuka berupa formulir input, grafik visualisasi, dan tabel hasil prediksi, sedangkan backend berperan menerima data dari pengguna, melakukan preprocessing otomatis seperti pembentukan fitur lag, encoding hari, diferensiasi, dan normalisasi menggunakan scaler yang disimpan dengan Joblib, kemudian menjalankan proses prediksi menggunakan model LSTM berformat .h5 yang dimuat melalui TensorFlow/Keras.

Hasil prediksi selanjutnya dilakukan inverse transform agar kembali ke skala asli sebelum dikirimkan ke frontend untuk ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel. Database digunakan untuk menyimpan data historis kebutuhan air serta hasil prediksi. Sistem juga mendukung pembaruan data historis melalui fitur unggah data oleh operator PDAM, sehingga data terbaru dapat digunakan sebagai dasar prediksi berikutnya. Pada penelitian ini, pembaruan model masih dilakukan secara offline melalui pelatihan ulang manual ketika jumlah data baru dianggap cukup signifikan, sementara pengembangan mekanisme pelatihan ulang otomatis direkomendasikan untuk penelitian selanjutnya. Pada Gambar 5, sistem mampu menampilkan hasil prediksi dalam bentuk grafik dan tabel sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan analisis kebutuhan air.



Gambar 5. Implementasi Model Pada Sistem

3.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, model Long Short-Term Memory (LSTM) mampu mempelajari pola kebutuhan air harian dengan cukup baik. Hal ini ditunjukkan dari kemampuan model dalam mengikuti tren data aktual pada hasil visualisasi evaluasi model.

Pada tahap preprocessing, penggunaan feature engineering seperti variabel lag dan fitur periodik berupa \sin_day dan \cos_day membantu model memahami pola musiman pada data time series. Selain itu, proses normalisasi menggunakan StandardScaler berhasil menyamakan rentang nilai antar variabel sehingga proses pelatihan model menjadi lebih stabil.

Hasil training menunjukkan bahwa model mengalami proses pembelajaran yang baik. Nilai training loss yang terus menurun menandakan bahwa model semakin mampu menyesuaikan parameter terhadap pola data. Meskipun validation loss sempat mengalami kenaikan pada awal epoch, nilai tersebut kemudian kembali menurun dan stabil hingga epoch ke-16. Penggunaan EarlyStopping membantu mencegah terjadinya overfitting dengan menghentikan pelatihan saat performa model tidak lagi meningkat secara signifikan.

Berdasarkan hasil evaluasi, nilai MAPE sebesar 2.94% menunjukkan bahwa tingkat kesalahan prediksi model tergolong rendah. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa model memiliki tingkat akurasi yang baik dalam memprediksi kebutuhan air harian. Selain itu, nilai MAE dan RMSE yang relatif kecil menunjukkan bahwa selisih antara hasil prediksi dan data aktual masih berada dalam batas yang dapat diterima.

Jika dibandingkan dengan penelitian (Puspita dkk., 2025) yang menggunakan metode SARIMA dan menghasilkan nilai MAPE sebesar 8,37%, model LSTM pada penelitian ini menunjukkan performa prediksi yang lebih baik. Perbedaan tersebut mengindikasikan bahwa LSTM lebih mampu menangkap pola temporal pada data harian, terutama karena model dapat mempelajari hubungan historis dan pola nonlinier pada kebutuhan air.

Pada hasil perbandingan data aktual dan prediksi, terlihat bahwa model mampu mengikuti pola perubahan kebutuhan air meskipun terdapat beberapa selisih pada titik tertentu. Perbedaan tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh fluktuasi kebutuhan air yang berubah secara tiba-tiba dan sulit dipelajari sepenuhnya oleh model. Namun secara

keseluruhan, hasil prediksi masih mendekati nilai aktual sehingga model dapat dikatakan cukup andal.

Implementasi model ke dalam sistem berbasis web menunjukkan bahwa model tidak hanya bekerja pada tahap eksperimen, tetapi juga dapat diterapkan pada sistem nyata. Sistem mampu menampilkan hasil prediksi secara visual melalui grafik dan tabel sehingga memudahkan pengguna dalam memahami hasil prediksi dan melakukan analisis kebutuhan air secara lebih cepat.

Dengan demikian, penelitian ini menunjukkan bahwa metode LSTM dapat digunakan sebagai pendekatan yang efektif untuk prediksi kebutuhan air harian dan berpotensi membantu proses pengambilan keputusan dalam pengelolaan distribusi air.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, metode Long Short-Term Memory (LSTM) mampu digunakan untuk memprediksi kebutuhan konsumsi air harian pelanggan PDAM Tirta Aji Wonosobo Cabang Leksono dengan tingkat akurasi yang baik. Hal ini ditunjukkan dari hasil evaluasi model yang memperoleh nilai MAE sebesar 86.84, MSE sebesar 14417, RMSE sebesar 119.67, dan MAPE sebesar 2.94%.

Secara praktis, nilai MAE sebesar 86.84 m³/hari berarti rata-rata penyimpangan prediksi model setara dengan ± 86 m³ dari kebutuhan air aktual per hari. Jika diasumsikan kapasitas tangki penyimpanan PDAM berkisar antara 200–500 m³, maka deviasi prediksi tersebut masih dapat ditoleransi selama pengelola menyediakan buffer kapasitas yang memadai. Nilai ini juga mengindikasikan bahwa penjadwalan operasi pompa dapat dilakukan berdasarkan hasil prediksi model tanpa risiko kekurangan air yang signifikan.

Nilai MAPE sebesar 2,94% secara operasional bermakna bahwa model hanya meleset sekitar 3 m³ dari setiap 100 m³ air yang direncanakan untuk didistribusikan. Tingkat kesalahan yang sangat kecil ini memberikan keyakinan yang memadai bagi PDAM untuk menggunakan prediksi model sebagai acuan dalam: (1) penjadwalan operasi pompa distribusi agar lebih hemat energi; (2) penentuan jadwal pemeliharaan infrastruktur pada periode dengan prediksi kebutuhan rendah; dan (3) perencanaan pengadaan bahan kimia pengolahan air sesuai volume distribusi yang diprediksi.

Nilai RMSE yang lebih tinggi dari MAE (119,6 berbanding 86,84) mengindikasikan adanya beberapa hari dengan kesalahan prediksi yang lebih besar dari rata-rata. Kondisi ini kemungkinan berhubungan dengan hari-hari yang memiliki pola konsumsi tidak biasa, seperti hari besar keagamaan atau kejadian khusus lainnya. Untuk mengantisipasi hal tersebut, disarankan agar PDAM tetap menyediakan kapasitas cadangan sekitar 5% dari kapasitas distribusi harian sebagai penyangga terhadap prediksi yang meleset pada kondisi-kondisi ekstrem.

Nilai tersebut menunjukkan bahwa model mampu mengikuti pola kebutuhan air aktual dengan cukup baik meskipun masih terdapat sedikit selisih pada beberapa data yang bersifat fluktuatif. Selain itu, model yang telah dikembangkan juga berhasil diimplementasikan ke dalam sistem berbasis web sehingga dapat menampilkan hasil prediksi dalam bentuk grafik dan tabel untuk memudahkan proses analisis dan pengambilan keputusan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan metode LSTM berpotensi membantu PDAM dalam melakukan perencanaan distribusi air secara lebih efektif, efisien, dan berbasis data. Prediksi kebutuhan air yang lebih akurat dapat digunakan untuk

mendukung pengelolaan operasional, seperti pengaturan distribusi dan optimalisasi penggunaan sumber daya. Untuk pengembangan selanjutnya, penelitian dapat menambahkan variabel eksternal seperti curah hujan, suhu, dan faktor musiman lainnya agar hasil prediksi menjadi lebih optimal. Selain itu, sistem juga dapat dikembangkan dengan integrasi data secara real-time dan perbandingan dengan metode deep learning lainnya untuk meningkatkan performa prediksi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini, khususnya kepada PDAM Tirta Aji Wonosobo yang telah berkenan memberikan ijin untuk penggunaan datanya, serta dosen pembimbing dan teman-teman yang telah mendukung selama penelitian dan penulisan ini.

Daftar Pustaka

- Agusmawati, N. K., Khoiriyah, F., & Tholib, A. (2023). Prediksi Harga Emas Menggunakan Metode LSTM dan GRU. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 11(3). <https://doi.org/10.23960/jitet.v11i3.3250>
- Agustina, D., Hafiyusholeh, Moh., Fanani, A., & Prasetyo, D. (2023). Prediksi Distribusi Air Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Dharma Kota Pasuruan Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation. *Jurnal PROCESSOR*, 18(1). <https://doi.org/10.33998/processor.2023.18.1.697>
- Kementerian PUPR, D. A. (2024). *Kinerja BUMD Air Minum Tahun 2024: Executive Summary*. Kementerian Pekerjaan Umum. (Jakarta). [//perpustakaan.ciptakarya.pu.go.id%2Fopac%2Findex.php%3Fp%3Dshow_detail%26id%3D11843](http://perpustakaan.ciptakarya.pu.go.id%2Fopac%2Findex.php%3Fp%3Dshow_detail%26id%3D11843)
- Muhammad Thoriq, Eko Syaputra, A., & Septi Eirlangga, Y. (2023). Perkiraan Kebutuhan Air Bersih Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation. *JURNAL FASILKOM*, 13(3), 438–444. <https://doi.org/10.37859/jf.v13i3.6142>
- Nurdin, Suarna, N., & Prihartono, W. (2025). Algoritma Regresi Linier Sederhana Untuk Prediksi Penggunaan Volume Air Berdasarkan Jenis Pelanggan PDAM. *Jurnal Kecerdasan Buatan dan Teknologi Informasi*, 4(1), 43–52. <https://doi.org/10.69916/jkbt.v4i1.187>
- Puspita, D., Fitriyadi, F., & Khusnuliawati, H. (2025). PREDIKSI KEBUTUHAN AIR PDAM GIRI TIRTA SARI KABUPATEN WONOGIRI MENGGUNAKAN METODE SEASONAL AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE (SARIMA). *Jurnal Informatika Kaputama (JIK)*, 9(2), 118–126. <https://doi.org/10.59697/jik.v9i2.1078>
- Simanjuntak, D. F., Djunggu, N., & Budiman, R. (2025). IMPLEMENTASI LONG SHORT-TERM MEMORY DALAM PERAMALAN PERMINTAAN AIR BERSIH DI KOTA PONTIANAK. *Jurnal Teknik Industri Universitas Tanjungpura*, 9(2). <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jtinUNTAN/article/view/96817>
- Sudaryono, D., Guritno, S., & Rahardja, U. (t.t.). *Theory and Application of IT RESEARCH: Metodologi Penelitian Teknologi Informasi*. Penerbit Andi.

Zhou, X., Meng, X., & Li, Z. (2024). ANN-LSTM-A Water Consumption Prediction Based on Attention Mechanism Enhancement. *Energies*, 17(5), 1102.
<https://doi.org/10.3390/en17051102>

CC BY-SA 4.0 (Attribution-ShareAlike 4.0 International).

This license allows users to share and adapt an article, even commercially, as long as appropriate credit is given and the distribution of derivative works is under the same license as the original. That is, this license lets others copy, distribute, modify and reproduce the Article, provided the original source and Authors are credited under the same license as the original.

