

PENERAPAN MODEL *DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING* METODE HOLT UNTUK MEMPREDIKSI JUMLAH PELANGGAN AIR BERSIH

Imelda Iba^{1*}, Eva Binsasi², Febrya Christin Handayani Buan³, Ebenhaiser Liunokas⁴
Program Studi Matematika, Fakultas Pertanian, Sains, dan Kesehatan Universitas Timor,
Email: imeltahu@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to apply the *Double Exponential Smoothing* method to forecast the number of clean water customers at PDAM Tirta Cendana, Kefamenanu City. The data used were monthly customer records from December 2018 to December 2024. The analysis was carried out through data pattern identification, parameter estimation, forecasting error evaluation using *Mean Absolute Deviation* (MAD), and forecasting for the period January–July 2025. The results showed that the customer data had an increasing trend. The best combination of α and β parameters produced a MAPE value of 1.23% and a MAD value of 63.69. The forecasting results indicated that the number of PDAM customers will continue to increase until July 2025. Therefore, the *Double Exponential Smoothing* method can be used as an effective tool in planning future clean water distribution.

Keywords: Clean water, PDAM, Forecasting, *Double Exponential Smoothing*, MAPE.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menerapkan metode *Double Exponential Smoothing* untuk memprediksi jumlah pelanggan air bersih di PDAM Tirta Cendana Kota Kefamenanu. Data yang digunakan berupa jumlah pelanggan bulanan dari Desember 2018 hingga Desember 2024. Analisis dilakukan melalui pola data, estimasi parameter, evaluasi model menggunakan *Mean Absolute Deviation* (MAD), serta prediksi pelanggan periode Januari hingga Juli 2025. Hasil penelitian menunjukkan bahwa data pelanggan memiliki pola tren meningkat, kombinasi parameter α dan β terbaik menghasilkan nilai MAPE 1,23% dan MAD 63,69. Prediksi menunjukkan jumlah pelanggan PDAM akan terus meningkat hingga Juli 2025. Dengan demikian, metode *Double Exponential Smoothing* dapat digunakan sebagai alat bantu yang efektif dalam perencanaan distribusi air bersih di masa mendatang.

Kata kunci: Air bersih, PDAM, Prediksi, *Double Exponential Smoothing*, MAPE.

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan utama dan salah satu sumber daya alam yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari, mulai dari mikroorganisme hingga manusia. Air memiliki peranan penting dalam mendukung kesejahteraan dan kemakmuran masyarakat. Air berfungsi untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari seperti keperluan air minum, memasak, mencuci, kebutuhan untuk perkebunan dan lain-lain. Dalam hal pemenuhan kebutuhan masyarakat merupakan bagian yang paling penting untuk mengantarkan air bersih ke seluruh pelanggan. Sistem pendistribusian air merupakan pendistribusian melalui sistem perpipaan dari sumber air ke berbagai tujuan (Pelanggan). Tersedianya air bersih yang mengalami penurunan, memerlukan adanya usaha penyediaan air bersih yang memadai dari segi kuantitas dan kualitasnya agar tingkat kesehatan, kemakmuran, dan kesejahteraan masyarakat, dapat dipenuhi dan menunjang kegiatan aktivitas sehari-hari sehingga mendorong perkembangan sektor pembangunan masyarakat. Untuk memenuhi kebutuhan air bersih, maka pemerintah membentuk suatu perusahaan daerah yang khusus untuk mengelola air bersih dan layak untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dengan mendirikan Perusahaan Daerah Air Minum (Bossarito Putro, 2018).

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) merupakan badan usaha milik daerah (BUMD) yang bergerak dalam distribusi air bersih bagi masyarakat umum, serta memberikan jasa pelayanan dan menyelenggarakan pemanfaatan di bidang air minum. PDAM terdapat di setiap provinsi, kabupaten, dan Kota di seluruh Indonesia. Aktifitas PDAM antara lain mengumpulkan dan menjernihkan sampai

mendistribusikan air kepada masyarakat/pelanggan. Sebagai perusahaan penyedia air bersih, PDAM diawasi dan dimonitor oleh aparatur-aparatur eksekutif maupun legislatif daerah (Neno, dkk., 2023). Metode *Exponential Smoothing* adalah teknik peramalan yang menggunakan rata-rata bergerak dengan pembobotan, dan metode ini digunakan untuk meramalkan nilai pada periode tertentu dengan menggunakan data masa lalu. Dengan menggunakan metode *Exponential Smoothing* dapat memberikan estimasi kebutuhan air pada masa depan yang cukup.

Misalkan terdapat data $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ maka Model persamaan Level adalah

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$$

dengan $L_t, Y_t, \alpha, T_{t-1}$, dan m secara berturut-turut menyatakan nilai level pada waktu ke- t , data aktual pada waktu ke- t , parameter pemulusan level ($0 < \alpha < 1$), nilai trend periode sebelumnya dan horizon prediksi.

Fungsi Trend

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

dengan T_t dan β secara berturut-turut menyatakan komponen tren pada waktu ke- t dan parameter pemulusan tren ($0 < \beta < 1$).

Fungsi prediksinya

$$\hat{Y}_{t+m} = L_t + mT_t$$

dengan $\hat{Y}_{t+m}$ dan m secara berturut-turut menyatakan hasil prediksi m periode ke depan dan horizon peramalan.

METODE

Jenis Penelitian ini menggunakan data kuantitatif, yang berfokus pada jumlah pelanggan air bersih setiap bulan. Data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) PDAM Tirta Cendana Kab. TTU sebanyak 73 data.

Data yang diperoleh diolah mengikuti langkah-langkah berikut.

1. Visualisasi Data

Tahap awal dilakukan dengan memvisualisasikan data jumlah pelanggan air bersih menggunakan plot deret waktu (*time series plot*). Visualisasi ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik data, seperti adanya pola tren, musiman, atau fluktuasi acak. Identifikasi pola data menjadi dasar dalam menentukan metode peramalan yang sesuai.

2. Identifikasi Model

Berdasarkan hasil visualisasi, dilakukan identifikasi karakteristik data. Apabila data menunjukkan adanya pola tren tanpa pola musiman yang signifikan, maka metode Double Exponential Smoothing Metode Holt dipilih sebagai model peramalan karena mampu mengakomodasi komponen level dan tren secara simultan.

3. Estimasi Parameter

Setelah model ditentukan, dilakukan estimasi parameter pemulusan level (α) dan parameter pemulusan tren (β). Kedua parameter berada pada interval $0 < \alpha < 1$ dan $0 < \beta < 1$. Nilai parameter optimum diperoleh melalui proses optimasi dengan memilih kombinasi parameter yang menghasilkan kesalahan peramalan (*forecast error*) paling kecil.

4. Evaluasi Model

Akurasi model dievaluasi menggunakan ukuran kesalahan peramalan, yaitu Mean Absolute Deviation (MAD) dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Nilai MAD menunjukkan rata-rata selisih absolut antara data aktual dan hasil peramalan, sedangkan MAPE menunjukkan persentase rata-rata kesalahan relatif model. Semakin kecil nilai MAD dan MAPE, semakin baik kemampuan model dalam melakukan peramalan.

Nilai MAD dihitung menggunakan persamaan:

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t|$$

sedangkan nilai MAPE dihitung dengan persamaan:

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right| \times 100\%$$

5. Peramalan

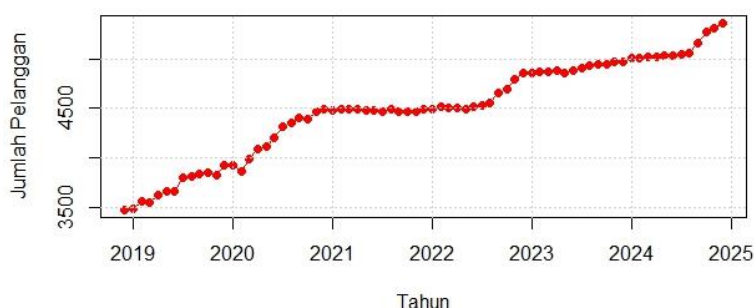
Setelah diperoleh model terbaik berdasarkan nilai parameter optimum dan tingkat akurasi yang memenuhi kriteria, model digunakan untuk meramalkan jumlah pelanggan air bersih pada periode Januari hingga Juli 2025. Hasil peramalan kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan interpretasi terhadap perkembangan jumlah pelanggan pada periode yang akan datang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Deskriptif Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari PDAM Tirta Cendana Kabupaten Timor Tengah Utara, berupa jumlah pelanggan air bersih bulanan selama periode Desember 2018 hingga Desember 2024. Total data yang dianalisis sebanyak 73 observasi. Hasil analisis statistik deskriptif menunjukkan bahwa jumlah pelanggan air bersih memiliki nilai rata-rata sebesar 4.490,49 pelanggan, dengan nilai median 4.491 pelanggan dan modus 4.490 pelanggan. Kedekatan nilai rata-rata, median, dan modus mengindikasikan bahwa distribusi data relatif simetris tanpa adanya penyimpangan yang mencolok.

Selama periode pengamatan, jumlah pelanggan minimum tercatat sebanyak 3.477 pelanggan, sedangkan jumlah pelanggan maksimum mencapai 5.360 pelanggan, yang menunjukkan adanya peningkatan jumlah pelanggan sebesar 1.883 pelanggan dari awal hingga akhir periode observasi. Selain itu, nilai standar deviasi sebesar 487,51 pelanggan mengindikasikan adanya variasi jumlah pelanggan selama periode pengamatan, namun variasi tersebut masih mencerminkan pola pertumbuhan yang relatif konsisten. Secara keseluruhan, karakteristik data menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan jumlah pelanggan dari waktu ke waktu, sehingga mendukung penggunaan metode Double Exponential Smoothing Metode Holt, yang dirancang untuk memodelkan data deret waktu dengan pola tren tanpa komponen musiman.



Gambar 4. Plot data pelanggan air PDAM Tirta Cendana Kabupaten Timor Tengah Utara

2. Identifikasi Model

Berdasarkan perbandingan antara data aktual dan model menggunakan *Double Exponential Smoothing* terlihat bahwa model mampu mengikuti pola tren data aktual dengan cukup baik.

3. Estimasi Parameter

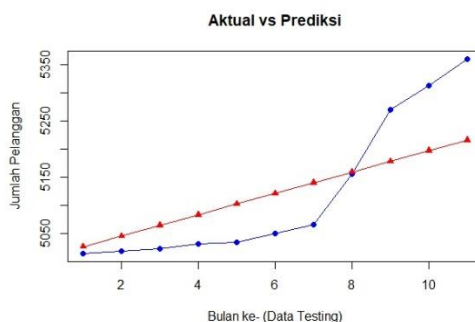
Pada tahap ini dilakukan proses estimasi parameter untuk mendapatkan model terbaik dari metode *Double Exponential Smoothing* yang telah diidentifikasi sebelumnya. Model ini dipilih karena data menunjukkan adanya pola tren meningkat dari waktu ke waktu. Metode *Double Exponential Smoothing* menggunakan dua komponen penting yaitu level (L_t) dan tren (T_t), dengan dua parameter smoothing yaitu α (α) dan β (β). Untuk mendapatkan hasil peramalan yang akurat, nilai parameter perlu diestimasi melalui proses perhitungan secara berulang. Adapun persamaan tren model *Double Exponential Smoothing* Holt adalah sebagai berikut

dan

$$L_t = 0,99Y_t + 0,01(L_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = 0,09(L_t - L_{t-1}) + (0,91)T_{t-1}$$

4. Prediksi



Gambar 2. Plot Data Prediksi

Berdasarkan gambar di atas dapat dilihat bahwa jumlah pelanggan air diprediksi akan terus meningkat setiap bulan selama tahun 2025. Garis prediksi menunjukkan tren naik yang konsisten, yang mencerminkan bahwa model *Double Exponential Smoothing* berhasil menangkap pola tren pada data historis.

5. Kebaikan Model Prediksi

Dari hasil prediksi model *Double Exponential Smoothing*, dengan nilai *Mean Absolute Deviation* (MAD) dapat diperoleh sebesar 32,7776 menunjukkan bahwa rata-rata selisih absolute antara hasil peramalan dengan data aktual sekitar 33 pelanggan, dengan skala data yang digunakan nilai kesalahan tersebut tergolong kecil sehingga model prediksi dapat dinyatakan cukup akurat dan layak digunakan

6. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengolahan data jumlah pelanggan air PDAM Tirta Cendana Kota Kefamenanu periode Desember 2018 hingga Desember 2024, terlihat adanya kecenderungan peningkatan jumlah pelanggan yang relatif konsisten dari waktu ke waktu. Pola data tersebut menunjukkan adanya komponen tren tanpa indikasi pola musiman yang kuat, sehingga sesuai untuk dimodelkan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* (DES) Metode Holt. Metode ini dirancang untuk mengakomodasi komponen level dan tren secara simultan sehingga mampu menghasilkan peramalan yang lebih akurat pada data deret waktu yang mengalami perubahan tren (Dharmawan & Indradewi, 2021; Makridakis et al., 1998).

Visualisasi data deret waktu memperlihatkan bahwa jumlah pelanggan terus mengalami peningkatan selama periode pengamatan. Karakteristik tersebut mengindikasikan adanya pertumbuhan pelanggan yang stabil sehingga penggunaan metode Holt menjadi tepat karena mampu menyesuaikan perubahan level dan tren secara berkelanjutan tanpa memerlukan komponen musiman. Dengan demikian, model yang digunakan telah sesuai dengan karakteristik data yang dianalisis.

Proses estimasi parameter dilakukan melalui pengujian berbagai kombinasi nilai parameter pemulusan level (α) dan parameter pemulusan tren (β) pada rentang 0,1 hingga 0,9. Berdasarkan hasil evaluasi, kombinasi parameter terbaik menghasilkan nilai MAPE sebesar 1,23% dan MAD sebesar 63,69. Nilai MAPE tersebut termasuk dalam kategori baik, yang menunjukkan bahwa rata-rata kesalahan prediksi relatif kecil dibandingkan dengan nilai aktual. Sementara itu, nilai MAD sebesar 32,78 mengindikasikan bahwa rata-rata penyimpangan hasil prediksi terhadap data aktual hanya sekitar 33 pelanggan, sehingga model memiliki tingkat akurasi yang memadai untuk digunakan dalam peramalan jumlah pelanggan. Hasil ini sejalan dengan penelitian Yuliani (2021), yang menunjukkan bahwa metode *Double Exponential Smoothing* mampu memberikan hasil peramalan yang akurat pada data yang memiliki kecenderungan tren.

Hasil peramalan untuk periode Januari hingga Juli 2025 menunjukkan bahwa jumlah pelanggan air bersih diperkirakan akan terus mengalami peningkatan setiap bulan. Tren tersebut mencerminkan keberhasilan model dalam menangkap pola pertumbuhan pelanggan yang terjadi pada data historis. Peningkatan jumlah pelanggan ini juga dapat mengindikasikan semakin besarnya kebutuhan masyarakat terhadap layanan air bersih serta kemungkinan adanya perluasan jaringan pelayanan yang

dilakukan oleh PDAM Tirta Cendana. Oleh karena itu, hasil peramalan yang diperoleh tidak hanya memberikan gambaran mengenai kondisi pada periode mendatang, tetapi juga dapat menjadi dasar dalam penyusunan strategi pelayanan yang lebih efektif.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Double Exponential Smoothing Metode Holt merupakan metode yang efektif untuk memprediksi jumlah pelanggan air bersih pada PDAM Tirta Cendana Kota Kefamenanu. Tingkat akurasi model yang tergolong baik menunjukkan bahwa metode ini mampu merepresentasikan pola data historis secara memadai sehingga layak digunakan sebagai alat pendukung pengambilan keputusan. Informasi hasil peramalan dapat dimanfaatkan oleh pihak PDAM dalam menyusun perencanaan kapasitas produksi air, pengembangan infrastruktur distribusi, pengalokasian sumber daya, serta penyusunan kebijakan pelayanan guna mengantisipasi peningkatan jumlah pelanggan pada masa mendatang.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai penerapan metode Double Exponential Smoothing Metode Holt untuk memprediksi jumlah pelanggan air bersih di PDAM Tirta Cendana Kota Kefamenanu menggunakan data periode Desember 2018 hingga Desember 2024, dapat disimpulkan bahwa:

1. Metode Double Exponential Smoothing Metode Holt sesuai digunakan untuk memodelkan data jumlah pelanggan air bersih yang memiliki pola tren meningkat. Model terbaik yang diperoleh menghasilkan nilai MAPE sebesar 1,23% dan MAD sebesar 63,69, yang menunjukkan bahwa model memiliki tingkat akurasi yang baik dalam melakukan peramalan.
2. Hasil peramalan menunjukkan bahwa jumlah pelanggan air bersih PDAM Tirta Cendana Kota Kefamenanu diperkirakan akan terus mengalami peningkatan pada periode Januari hingga Juli 2025. Oleh karena itu, hasil prediksi yang diperoleh dapat dimanfaatkan sebagai dasar dalam mendukung perencanaan kebutuhan pelayanan air bersih, pengembangan kapasitas distribusi, serta penyusunan kebijakan operasional untuk mengantisipasi peningkatan jumlah pelanggan pada masa mendatang.

REFRENSI

- Hendriyani, dkk. (2019). *Analisis Kebutuhan Air Bersih IPA PDAM Samboja Kutai Kartanegara*. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 7(2), 87–97.
- Design Practices in Visualization (2025). *Design practices in visualization driven data exploration for non-expert audiences: A systematic mapping*. *Information Visualization*, Elsevier.
- Dharmawan, K. A., & Indradewi, N. P. P. (2021). *Implementation of web-based sales prediction system using Brown's Double Exponential Smoothing method*. *Journal of Physics: Conference Series*, 1810(1), 012026. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1810/1/012026>
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & Hyndman, R. J. (1998). *Forecasting: Methods and applications* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Neno, dkk. (2023). *Sistem Informasi Geografis Pemetaan Keluhan Pelanggan PDAM di Kabupaten Timor Tengah Utara Berbasis Web*. *Inovasi Ilmu Komputer*, 1(2), 63–76.
- Octavia, dkk. (2013). *Peramalan Stok Barang untuk Membantu Pengambilan Keputusan Pembelian Barang pada Toko Bangunan XYZ dengan Metode Arima*. *Senibar Basional Informatika*, 12(4), 252–257.
- Putro, B. (2018). *Prediksi Jumlah Kebutuhan Pemakaian Air Menggunakan Metode Exponential Smoothing* (Studi Kasus : PDAM Kota Malang). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(11), 4679–4686.
- PlotGen (2025). *Multi-Agent LLM-based Scientific Data Visualizations*. ar Xiv.
- Render, dkk. (2018). *Quantitative Analysis for Management*.
- Romaita, dkk. (2019). *Perbandingan Metode Exponential Smoothing Untuk Peramalan Penjualan Produk Olahan Daging Ayam Kampung* (Studi Kasus : Ayam Goreng Mama Arka). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3(11), 10384 -10392.
- Syahputra, dkk. (2015). *Rancang Bangun Alat Penjernih Air yang Tercemar Logam Bera Fe, Cu, Zn, dalam Skala Laboratorium*. *JOM FMIPA*, 2(1), 10–17.
- Tri Angrani et al (2024). *journal of Administration and Educational Management* 7(1),1178-1191

- World Health Organization. (2020). *Strategi Global WHO tentang Kesehatan, Lingkungan Dan Perubahan Iklim: Transformasi Yang Diperlukan Untuk Meningkatkan Kehidupan Dan Kesejahteraan Secara Berkelanjutan Melalui Lingkungan Yang Sehat.*
- Yuliani Eva . (2021). *Penerapan Exponential Smoothing Method dalam Jumlah Angka Perceraian di Indonesia.*