

Implementasi Metode *Double Exponential Smoothing* untuk Prediksi Jumlah Kebutuhan Air di PDAM Tirta Mon Pase

Rahmatin Nisak^{1*}, Arnawan Hasibuan¹, Said Fadlan Anshari¹, Rozzi Kesuma Dinata¹, Fadlisyah¹

¹Program studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh
Bukit Indah, Lhokseumawe, 24352.

Penulis untuk Korespondensi/E-mail: rahmatin.210170269@mhs.unimal.ac.id

Abstract – Clean water is an essential human need, yet its provision is frequently disrupted by demand uncertainty, as experienced by PDAM Tirta Mon Pase with recurring public complaints regarding water supply interruptions. This study aims to design and implement a water demand forecasting system using the Double Exponential Smoothing (Holt's Linear Trend) method and to evaluate its accuracy. The research utilized monthly historical water production data from January 2022 to December 2024 (36 observations) obtained from PDAM Tirta Mon Pase. The model was applied with smoothing parameters $\alpha = 0.8$ and $\beta = 0.2$, and accuracy was measured using Mean Absolute Percentage Error (MAPE). The results show a very high level of accuracy with an overall MAPE of 3.56% (2022: 4.18%; 2023: 3.91%; 2024: 2.65%), and the forecast predicts water demand in December 2027 will reach 1,131,071.39 m³. It can be concluded that the Double Exponential Smoothing method is highly accurate and effective for forecasting water demand at PDAM Tirta Mon Pase. The developed system is therefore strongly recommended for operational adoption as a strategic decision-support tool in water resource planning, production, and infrastructure development.

Abstrak - Air bersih merupakan kebutuhan esensial yang penyediaannya sering terganggu oleh ketidakpastian permintaan, sebagaimana dialami PDAM Tirta Mon Pase dengan adanya keluhan masyarakat terkait gangguan aliran air. Penelitian ini bertujuan merancang sistem prediksi kebutuhan air menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* (Holt's Linear Trend) serta mengukur tingkat akurasi. Data yang digunakan adalah data historis produksi air bulanan periode Januari 2022 hingga Desember 2024 (36 observasi) yang diperoleh dari PDAM Tirta Mon Pase. Metode diterapkan dengan parameter $\alpha = 0,8$ dan $\beta = 0,2$, kemudian akurasi diukur menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Hasil penelitian menunjukkan tingkat akurasi sangat tinggi dengan nilai MAPE keseluruhan sebesar 3,56% (2022: 4,18%; 2023: 3,91%; 2024: 2,65%) dan prediksi kebutuhan air pada Desember 2027 mencapai 1.131.071,39 m³. Dapat disimpulkan bahwa metode *Double Exponential Smoothing* terbukti sangat akurat dan efektif untuk memprediksi kebutuhan air di PDAM Tirta Mon Pase, sehingga sistem yang dikembangkan layak diadopsi sebagai alat bantu pengambilan keputusan strategis dalam pengelolaan sumber daya air.

Keywords - *Double Exponential Smoothing, MAPE, Time Series Forecasting, Water Demand Forecasting.*

PENDAHULUAN

Air bersih merupakan kebutuhan dasar manusia yang esensial bagi kesehatan, kebersihan dan kesejahteraan masyarakat secara keseluruhan [1-2]. Dalam konteks pengelolaan sumber daya alam, Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) memegang

peran strategis sebagai penyedia layanan air bersih yang harus memastikan ketersediaan dan distribusi optimal[3-4], namun ketidakpastian jumlah kebutuhan air akibat faktor seperti pertumbuhan penduduk, perubahan pola konsumsi dan variabilitas cuaca sering kali menyebabkan ketidakseimbangan antara pasokan dan permintaan yang berpotensi

menimbulkan masalah serius seperti kekurangan air atau pemborosan sumber daya. Pertumbuhan jumlah pelanggan layanan air bersih sebesar 0,89% pada tahun 2023 menunjukkan kecenderungan peningkatan permintaan air bersih di masyarakat yang perlu diantisipasi dalam perencanaan layanan PDAM [5]. Fenomena ini semakin relevan di era urbanisasi pesat, di mana kebutuhan air cenderung meningkat secara eksponensial, menuntut pendekatan prediksi yang akurat untuk mendukung perencanaan berkelanjutan [12].

Di PDAM Tirta Mon Pase, tantangan ini semakin nyata dengan adanya fluktuasi permintaan air yang dipengaruhi oleh kondisi musiman dan demografis wilayah Aceh Utara [6-7]. Sebagai contoh, selama musim kemarau, kebutuhan air bersih meningkat signifikan, sementara pada musim hujan cenderung menurun yang dapat mengganggu stabilitas pasokan. Keluhan masyarakat seperti mengenai gangguan aliran air selama sembilan hari di Kampung Reuleut Barat, Kecamatan Muara Batu, menyoroti urgensi perbaikan sistem prediksi. Ketidakmampuan memprediksi kebutuhan air secara tepat tidak hanya menurunkan kualitas pelayanan, tetapi juga mengakibatkan ketidakpuasan pelanggan dan hilangnya kepercayaan publik terhadap institusi PDAM [8].

Perihal mengatasi permasalahan tersebut, penerapan metode peramalan deret waktu menjadi solusi yang efektif, khususnya *Double Exponential Smoothing* (DES) yang mampu menangani data dengan pola tren linier [9-10]. Metode ini memberikan bobot lebih pada data terbaru, sehingga lebih adaptif terhadap perubahan pola produksi air [15]. Penelitian terdahulu, seperti yang dilakukan oleh Dahlan Abdullah dalam peramalan konsumsi listrik di PT. PLN dengan MAPE 1%, pada komoditas padi dengan MAPE 2,22%, membuktikan keefektifan DES dalam konteks sumber daya yang fluktuatif [18]. Berdasarkan hal ini, penelitian ini mengimplementasikan DES untuk memprediksi kebutuhan air di PDAM Tirta Mon Pase, dengan tujuan menyediakan dasar empiris bagi pengelolaan sumber daya air yang lebih proaktif dan efisien [11].

Double Exponential Smoothing

Metode Double Exponential Smoothing (DES) adalah teknik peramalan deret waktu yang digunakan untuk mengatasi data dengan tren, melibatkan dua komponen penghalusan yaitu level data dan tren [8]. Parameter yang digunakan adalah level (α) dan tren (β), dengan nilai antara 0 dan 1, untuk memberikan estimasi akurat terhadap nilai

masa depan dengan mempertimbangkan perubahan tren [12-13].

Kelebihan dan Kekurangan *Double Exponential Smoothing*

Metode DES dirancang untuk data dengan pola tren linier, menawarkan keunggulan seperti prediksi akurat pada tren konsisten dan fleksibilitas penyesuaian parameter [14]. Namun, keterbatasannya termasuk kurang efektif pada data musiman atau perubahan mendadak, serta kurang responsif terhadap fluktuasi ekstrim [17].

Penerapan Metode *Double Exponential Smoothing*

Penerapan DES melibatkan pengolahan data historis dengan dua parameter: *alpha* (α) untuk level dan *beta* (β) untuk tren, yang dioptimasi untuk meminimalkan kesalahan peramalan [13].

Akurasi Peramalan

Akurasi peramalan dievaluasi menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), yaitu rata-rata persentase kesalahan absolut antara data aktual dan hasil peramalan [16].

METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Mon Pase, Kabupaten Aceh Utara, Provinsi Aceh. Pengumpulan data dan pengembangan sistem dilakukan pada periode Februari hingga Juni 2025.

Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa data historis produksi air bersih bulanan PDAM Tirta Mon Pase periode Januari 2022–Desember 2024 (36 observasi). Data diperoleh dari laporan resmi Bagian Produksi PDAM Tirta Mon Pase dalam bentuk dokumen dan arsip bulanan yang mencatat jumlah produksi air dalam satuan meter kubik (m^3). Produksi air dalam penelitian ini dianggap merepresentasikan kebutuhan air masyarakat karena volume produksi disesuaikan dengan permintaan pelanggan.

Teknik Analisis Data

Algoritma ini diimplementasikan dengan membagi data ke dalam dua komponen utama, yaitu level dan tren [9]. Tahapan matematisnya meliputi.

Inisialisasi

Penetapan nilai awal untuk level (L_1) dan tren (T_1) menggunakan data aktual pada periode pertama dan kedua.

$$\begin{aligned} L_1 &= X_1 \\ T_1 &= X_2 - X_1 \end{aligned} \quad (1)$$

Pemulusan Level (L_t)

Menghitung rata-rata tertimbang dari data aktual saat ini dengan data periode sebelumnya.

$$L_t = \alpha X_t + (1-\alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (2)$$

Pemulusan Tren (T_t)

Menghitung estimasi kemiringan (tren) berdasarkan perbedaan antara level saat ini dan sebelumnya.

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1} \quad (3)$$

Peramalan (F_{t+m})

Melakukan prediksi untuk m periode ke depan dengan menggabungkan komponen level dan tren terakhir.

$$F_{t+m} = L_t + mT_t \quad (4)$$

Keterangan: X_t adalah data aktual, α dan β adalah parameter pemulusan ($0 < \alpha, \beta < 1$), dan m adalah jumlah periode yang diprediksi.

Implementasi dan Evaluasi Hasil

Tahapan akhir penelitian adalah mengukur kinerja model menggunakan metrik akurasi dan menampilkan hasil proyeksi yang diawali dengan optimasi parameter. Peneliti menetapkan nilai α untuk merespons cepat terhadap perubahan data terkini dan β untuk menjaga stabilitas tren, kemudian dilanjutkan dengan pengukuran akurasi menggunakan *Mean Absolute Percentage Error*

(MAPE) sebagai indikator tingkat kesalahan peramalan.

$$\begin{aligned} MAPE &= \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right| [\text{cite}_{start}] \times 100\% \end{aligned} \quad (5)$$

Visualisasi dan Output:

Sistem membandingkan data aktual dengan hasil *forecast* secara visual melalui grafik untuk menangkap tren kenaikan stabil[6]. Hasil akhir berupa menunjukkan nilai MAPE keseluruhan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Model *Double Exponential Smoothing Holt's Linear Trend* dengan $\alpha = 0,8$ dan $\beta = 0,2$ menghasilkan tingkat akurasi sangat tinggi terhadap data produksi air bulanan PDAM Tirta Mon Pase periode Januari 2022 hingga Desember 2024. Nilai MAPE keseluruhan tercatat sebesar 3,56 %, dengan tren penurunan kesalahan yang konsisten dari 4,18 % (2022) menjadi 3,91 % (2023) dan 2,65 % (2024). Kinerja tersebut masuk dalam kategori “sangat akurat” berdasarkan kriteria Lewis[16] untuk MAPE < 10 %.

Penentuan parameter *alpha* dan *beta* dalam penelitian ini dilakukan melalui proses optimasi untuk menyesuaikan model dengan karakteristik data produksi air PDAM yang didominasi tren linier positif. Peneliti menetapkan nilai *alpha* = 0,8 agar sistem dapat merespons perubahan level data terbaru secara cepat, sementara nilai *beta* = 0,2 dipilih untuk menjaga stabilitas estimasi tren agar tetap halus dan tidak terlalu reaktif terhadap fluktuasi jangka pendek. Kombinasi parameter ini terbukti efektif dan valid, yang ditunjukkan oleh penurunan nilai MAPE secara konsisten hingga mencapai rata-rata 3,56% atau kategori sangat akurat.

Tabel 1. (Contoh Representatif).

Nomor	Bulan	Level	Tren	forecast
1	Maret 2022	1,015,598	-55,651	-
2	Februari 2022	959,947	-55,651	959,947.00
3	Maret 2022	1,016,608.80	-33,188.44	904,296.00
4	April 2022	1,033,350.47	-23,202.42	983,420.36
5	Mei 2022	1,063,298.41	-12,572.35	1,010,148.05
6	Juni 2022	1,032,602.01	-16,197.15	1,050,726.06
7	Juli 2022	1,050,701.77	-9,337.77	1,016,404.86
8	Agustus 2022	1,051,928.00	-7,224.97	1,041,364.00
9	September 2022	1,032,791.01	-9,607.38	1,044,703.03
10	Oktober 2022	1,051,989.53	-3,846.20	1,023,183.63
11	November 2022	1,012,001.47	-11,074.57	1,048,143.33

Nomor	Bulan	Level	Tren	forecast
12	Desember 2022	1,030,211.78	-5,217.59	1,000,926.90
13	Maret 2023	1,042,090.84	-1,798.26	1,024,994.19
14	Februari 2023	968,324.91	-16,191.79	1,040,292.57
15	Maret 2023	993,267.42	-7,964.93	952,133.12
16	April 2023	1,000,105.30	-5,004.37	985,302.49
17	Mei 2023	993,224.99	-5,379.56	995,100.93
18	Juni 2023	988,441.88	-5,260.27	987,845.42
19	Juli 2023	1,003,837.12	-1,129.17	983,181.62
20	Agustus 2023	987,180.79	-4,234.60	1,002,707.96
21	September 2023	1,078,157.24	14,807.61	982,946.19
22	Oktober 2023	1,159,827.37	28,180.11	1,092,964.85
23	November 2023	1,155,416.70	21,661.96	1,188,007.48
24	Desember 2023	1,197,085.33	25,663.29	1,177,078.65
25	Maret 2024	1,198,454.52	20,804.47	1,222,748.62
26	Februari 2024	1,211,815.80	19,315.83	1,219,259
27	Maret 2024	1,277,270.33	28,543.57	1,231,131.63
28	April 2024	1,288,656.38	25,112.07	1,305,813.90
29	Mei 2024	1,056,958.49	-26,249.92	1,313,768.45
30	Juni 2024	1,320,931.95	22,045.31	1,323,191.76
31	Juli 2024	1,343,241.85	22,098.23	1,342,977.27
32	Agustus 2024	1,352,708.02	19,571.82	1,365,340.08
33	September 2024	1,292,718.37	3,659.52	1,372,279.83
34	Oktober 2024	1,267,325.98	-2,150.86	1,296,377.89
35	November 2024	1,307,442.22	6,302.56	1,265,175.12
36	Desember 2024	1,263,797.76	-3,686.84	1,313,744.79
37	Maret 2025	-	-	1,260,110.91
38	Februari 2025	-	-	1,256,424.07
39	Maret 2025	-	-	1,252,737.23
40	April 2025	-	-	1,249,050.38
41	Mei 2025	-	-	1,245,363.54
42	Juni 2025	-	-	1,241,676.70
43	Juli 2025	-	-	1,237,989.85
44	Agustus 2025	-	-	1,234,303.01
45	September 2025	-	-	1,230,616.17
46	Oktober 2025	-	-	1,226,929.32
47	November 2025	-	-	1,223,242.48
48	Desember 2025	-	-	1,219,555.64
49	Maret 2026	-	-	1,215,868.79
50	Februari 2026	-	-	1,212,181.95
51	Maret 2026	-	-	1,208,495.11
52	April 2026	-	-	1,204,808.26
53	Mei 2026	-	-	1,201,121.42
54	Juni 2026	-	-	1,197,434.58
55	Juli 2026	-	-	1,193,747.73
56	Agustus 2026	-	-	1,190,060.89
57	September 2026	-	-	1,186,374.04
58	Oktober 2026	-	-	1,182,687.20
59	November 2026	-	-	1,179,000.36
60	Desember 2026	-	-	1,175,313.51
61	Maret 2027	-	-	1,171,626.67
62	Februari 2027	-	-	1,167,939.83
63	Maret 2027	-	-	1,164,252.98
64	April 2027	-	-	1,160,566.14
65	Mei 2027	-	-	1,156,879.29
66	Juni 2027	-	-	1,153,192.45
67	Juli 2027	-	-	1,149,505.61
68	Agustus 2027	-	-	1,145,818.77
69	September 2027	-	-	1,142,131.92
70	Oktober 2027	-	-	1,138,445.08

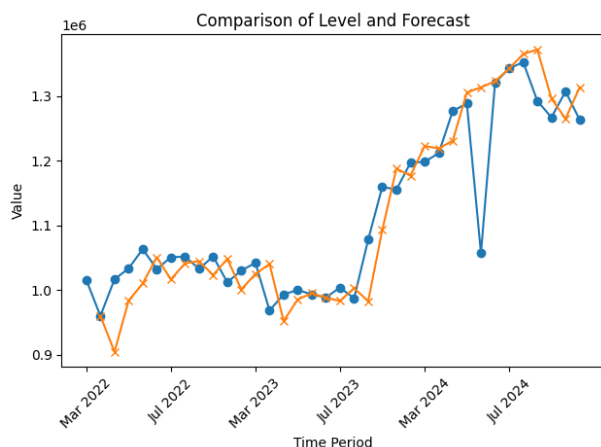
Nomor	Bulan	Level	Tren	forecast
71	November 2027	-	-	1,134,758.24
72	Desember 2027	-	-	1,131,071.39

Berikut adalah hasil implementasi evaluasi MAPE berdasarkan penelitian sebelumnya [3], dimana pada tabel 2.

Tabel 2. Evaluasi Mape

Tahun	MAPE Tahunan (%)	Keterangan
2022	4,18%	Sangat akurat
2023	3,91%	Sangat akurat
2024	2,65%	Sangat akurat
2022–2024 (keseluruhan)	3,56%	Sangat akurat secara keseluruhan

Gambar 1 menggambarkan perbandingan visual antara data aktual (garis biru), Level (garis oranye), dan *forecast* (garis kuning). Grafik menunjukkan kemampuan model menangkap tren kenaikan yang stabil sejak awal 2022 serta percepatan pertumbuhan signifikan sepanjang 2024.



Gambar 1. Hasil Perbandingan antara Level dan Prediksi Dari Penerapan DES

Pemilihan α tinggi (0,8) memungkinkan model merespons cepat setiap perubahan level data terkini. Nilai β rendah (0,2) menjaga estimasi tren tetap halus dan stabil. Kombinasi ini sangat sesuai dengan karakteristik data produksi air PDAM Tirta Mon Pase yang menunjukkan tren linier positif tanpa komponen musiman dominan.

Penurunan nilai MAPE dari tahun ke tahun mencerminkan proses adaptasi model yang semakin optimal seiring bertambahnya data historis. Fenomena tersebut selaras dengan prinsip exponential smoothing bahwa bobot lebih besar pada observasi terbaru akan memperbaiki akurasi ketika tren aktual tetap konsisten.

Berdasarkan model ini, kebutuhan air pada Desember 2027 diproyeksikan mencapai 1.131.071,39 m³ atau meningkat sekitar 28,4 % dibandingkan Desember 2024. Proyeksi tersebut memberikan landasan empiris yang kuat bagi PDAM Tirta Mon Pase untuk merencanakan peningkatan kapasitas produksi, rehabilitasi jaringan, dan pengembangan infrastruktur air bersih dalam kurun waktu lima tahun mendatang.

Keberhasilan model dengan MAPE hanya 3,56 % menegaskan bahwa *Double Exponential Smoothing* Holt's merupakan metode yang sangat akurat dan efisien untuk peramalan kebutuhan air bersih pada PDAM skala kabupaten dengan pola konsumsi yang didominasi tren linier. Sistem peramalan yang dikembangkan memiliki validitas tinggi dan siap diadopsi secara operasional sebagai alat bantu pengambilan keputusan strategis dalam pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan.

Perbandingan dengan Metode Lain

Tabel 3 Perbandingan dengan Metode Lain

Algoritma	MAPE (%)	RMSE	MPE (%)
DES	3,56	—	—
Random Forest	2,93	40.885,18	-0,91
Gradient Boosting	3	44.597,26	-1,69
ARIMA	3,01	44.746,49	-1,71
Linear Regression	8,65	135.447,82	-8,65
Holt-Winters	13,35	191.942,11	-13,35

Berdasarkan komparasi data statistik tabel 3, terlihat bahwa metode *Double Exponential Smoothing* (DES) yang diimplementasikan pada PDAM Tirta Mon Pase memiliki tingkat akurasi yang kompetitif dengan nilai MAPE 3,56%, berada sedikit di bawah algoritma berbasis *machine learning* seperti *Random Forest* (2,93%) dan *Gradient Boosting* (3,00%). Meskipun algoritma non-linear dan ensemble menunjukkan keunggulan marjinal dalam meminimalisir kesalahan prediksi, pemilihan DES tetap dipandang sebagai solusi yang optimal secara strategis karena efisiensi komputasi dan transparansi parameter (*alpha* dan *beta*) yang lebih tinggi dibandingkan model *black-box* seperti *Random Forest* [10]. Sebaliknya, metode *Holt-Winters* menunjukkan performa terendah dengan MAPE

13,35%, yang mengonfirmasi karakteristik data produksi air di lokasi penelitian cenderung didominasi oleh tren linier positif tanpa pola musiman yang kuat, sehingga penggunaan komponen musiman pada *Holt-Winters* justru menurunkan presisi model. Secara keseluruhan, DES memberikan keseimbangan antara kemudahan implementasi operasional dan validitas hasil yang sangat akurat bagi manajemen sumber daya air.

Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Penelitian sebelumnya dari tahun 2020 ke atas menunjukkan penerapan *Double Exponential Smoothing* (DES) untuk peramalan kebutuhan air bersih dan sumber daya serupa, seperti listrik. Abdullah pernah melakukan penelitian sebelumnya dimana menggunakan DES pada data konsumsi listrik PT. PLN ULP Natal (2017-2019) dengan parameter $\alpha=0.4035$ dan $\beta=0.5965$, menghasilkan MAPE 1%, yang lebih akurat daripada MAPE 3.56% pada penelitian ini [1], namun data listrik lebih stabil dibandingkan fluktuasi air akibat faktor musiman, sehingga penelitian ini menyesuaikan parameter lebih tinggi ($\alpha=0.8$) untuk PDAM Tirta Mon Pase, menurunkan MAPE tahunan dari 4.18% (2022) menjadi 2.65% (2024), menegaskan efektivitas DES untuk tren linier.

Studi lain seperti Pazira pada tahun 2024 membandingkan varian Holt dan Brown pada produksi air PT. Air Minum Giri Menang [11], menekankan keunggulan Holt dalam menangani tren linier, selaras dengan proyeksi penelitian ini hingga 1.131.071,39 m³ pada Desember 2027. Syakiroh pernah melakukan penelitian dimana menerapkan DES pada permintaan air PT. Kawasan Industri Gresik (2021-2023) dengan MAPE 6.66%, lebih tinggi dari hasil ini, mungkin karena data historis lebih baru dan parameter optimal. Metode alternatif seperti jaringan syaraf tiruan *back propagation* pada Agustina pada tahun 2023 mencapai akurasi tinggi untuk distribusi air PDAM Tirta Dharma, tetapi kurang transparan dalam metrik error dibandingkan DES yang lebih praktis dan kurang rentan overfit [2].

Population forecasting Method untuk proyeksi kebutuhan air, memprediksi peningkatan populasi dan konsumsi tanpa metrik akurasi, kontras dengan DES yang evaluatif terhadap data historis [4]. Perbandingan dengan metode campuran seperti DES dan ARIMA pada Mualief pada tahun 2024 menunjukkan keunggulan DES untuk data fluktuatif [7].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil implementasi maka dapat disimpulkan bahwa penerapan Metode *Double Exponential Smoothing* ($\alpha = 0,8$; $\beta = 0,2$) pada data produksi air PDAM Tirta Mon Pase periode 2022–2024 berhasil menghasilkan model peramalan dengan tingkat akurasi sangat tinggi, ditunjukkan oleh nilai MAPE keseluruhan sebesar 3,56% yang termasuk kategori sangat akurat (<10%), dengan performa yang semakin baik dari tahun ke tahun (MAPE 2022 = 4,18%, 2023 = 3,91%, dan 2024 = 2,65%). Model ini mampu menangkap pola tren kebutuhan air secara konsisten dan menghasilkan prediksi yang andal hingga Desember 2027 sebesar 1.131.071,39 m³, sehingga sistem prediksi berbasis *Double Exponential Smoothing* yang dikembangkan terbukti efektif, akurat dan sangat layak diadopsi secara operasional oleh PDAM Tirta Mon Pase sebagai alat bantu pengambilan keputusan strategis dalam perencanaan produksi, distribusi dan pengembangan infrastruktur air bersih ke depan.

Berdasarkan tabel 3 terkait perbandingan kinerja metode peramalan terlihat bahwa Random Forest dan Gradient Boosting menghasilkan nilai MAPE yang lebih rendah dibanding *Double Exponential Smoothing* (DES), menunjukkan prediksi yang lebih akurat untuk data set tertentu. Meski begitu, DES tetap menunjukkan kinerja yang kompetitif karena mudah diterapkan pada data deret waktu dengan tren linier tanpa memerlukan model kompleks seperti *machine learning* yang membutuhkan tuning hiperparameter. Sementara itu, model klasik seperti ARIMA dan *Holt-Winters* memiliki performa yang bervariasi tergantung karakteristik data, misalnya *Holt-Winters* sering dipilih untuk data musiman, sedangkan DES lebih sederhana dan efisien untuk menangkap tren linier.

REFERENSI

- [1] D. Agustina, M. Hafiyusholeh, A. Fanani, dan D. Prasetyo, "Prediksi distribusi air Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Dharma Kota Pasuruan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan *backpropagation*," *Jurnal Sistem Komputer*, vol. 18, no. 1, pp. 8–16, 2023. DOI: <https://doi.org/10.33998/processor.2023.18.1.697>.
- [2] M. Syakiroh, M. Abdus, S. Jawwad, dan R. Wijaya, "Forecasting analysis of clean water demand at PT Kawasan Industri Gresik using time series method," *Journal of Industrial Forecasting*, vol. 7, no. 2, pp. 173–184, 2024.

DOI:

<https://doi.org/10.35580/jmathcos.v7i2.2968>.

- [3] I. Aliyyah, M. Hafiyusholeh, A. Hamid, dan D. Prasetijo, "Analisis proyeksi kebutuhan air bersih di PDAM Tirta Dharma Kota Pasuruan menggunakan population forecasting method," *Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 24, no. 1, pp. 11–19, 2024. DOI: <https://doi.org/10.29313/statistika.v24i1.2271>.
- [4] A. P. Ulasan, M. O. Sari, M. Sholihin, dan A. Setiabudi, "Penerapan metode double exponential smoothing untuk memprediksi penggunaan HIPPAM (Studi kasus: Himpunan Pemakaian Air Masda)," *Jurnal Publikasi Ilmu Komputer*, pp. 1–10, 2026. <https://journalcenter.org/index.php/jupikom/article/view/5354>.
- [5] Badan Pusat Statistik, *Statistik Kebutuhan Air Bersih*, Indonesia, 2024.
- [6] R. Muzammil, A. Fauzi dan Ziana, "Pemenuhan jaringan air minum pada IPA Glee Dagang untuk sistem air minum di Kecamatan Muara Batu dan Dewantara Kabupaten Aceh Utara," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 3, no. 1, pp. 15–21, 2021. DOI:10.24815/journalces.v3i1.12279.
- [7] A. Putri, M. Sholihin, dan A. Setiabudi, "Analisis kebutuhan air bersih terhadap ketersediaan air pada Perumda Tirta Mon Pase di Kecamatan Banda Sakti Kota Lhokseumawe," *Jurnal Teknik Sipil Malikussaleh*, vol. 1, pp. 1–8, 2023. <https://proceedings.unimal.ac.id/senastesia/article/download/295/306/827>.
- [8] E. Pazira, Z. W. Baskara, dan Q. Ain, "Perbandingan peramalan jumlah produksi air bersih PT Air Minum Giri Menang dengan metode double exponential smoothing Holt dan Brown," *Indonesian Journal of Applied Statistics and Data Science*, vol. 1, 2024. DOI: <https://doi.org/10.29303/ijasds.v1i1.5793>.
- [9] A. Fatkhudin, F. A. Artanto, F. Zamaroh, dan V. A. Azarine, "Evaluasi metode exponential smoothing dan moving average untuk peramalan data pengangguran di Indonesia," *Jurnal Statistika*, vol. 5, no. 5, pp. 1227–1238, 2025. DOI: <https://doi.org/10.52436/1.jpti.6>
- [10] N. Artiyati dan D. T. Utari, "Implementasi metode double exponential smoothing dalam peramalan nilai PDRB Kota Tangerang Selatan tahun 2023–2027," *Jurnal Ekonomi dan Informatika*, vol. 2, no. 1, pp. 77–84, 2024. <https://doi.org/10.20885/esds.vol2.iss.1.art8>.
- [11] R. Ariyanto, D. Puspitasari dan F. Ericawati "Penerapan metode double exponential smoothing pada peramalan data deret waktu," *Jurnal Informatika Polinema*, vol. 4, no. 1, pp. 57–62, 2017. <https://jurnal.polinema.ac.id/index.php/jip/article/view/2885>.
- [12] Z. Ngabidin, A. Sanwidi, dan E. R. Arini, "Implementasi metode double exponential smoothing Brown untuk meramalkan jumlah penduduk miskin," *Jurnal Ilmiah Matematika Sains dan Teknologi*, vol. 11, no. 2, pp. 328–338, 2023. DOI: <https://doi.org/10.37905/euler.v11i2.23054>.
- [13] D. A. Setiawan dan R. A. Putri, "Penerapan metode double exponential smoothing untuk peramalan permintaan beras," *Jurnal Sistem Informasi*, vol. 5, no. 2, pp. 755–765, 2025. DOI: <https://doi.org/10.51454/decode.v5i2.1241>.
- [14] F. R. Hariri dan C. Mashuri, "Sistem informasi peramalan penjualan dengan menerapkan metode double exponential smoothing berbasis web," *Jurnal Informatika Terapan*, vol. 6, no. 1, pp. 68–77. DOI: <https://doi.org/10.29407/gj.v6i1.16204>.
- [15] S. Nurrohmah dan E. Kurniati, "Penerapan metode double exponential smoothing Brown untuk peramalan jumlah produksi air," *Jurnal Matematika*, vol. 21, no. 1, pp. 49–60, 2022. DOI: <https://doi.org/10.29313/matematika.v21i1.301>.
- [16] C. D. Lewis, *Industrial and Business Forecasting Methods*. London, UK: Butterworth Scientific, 1982.
- [17] H. Erkekoglu, A. P. M. Garang, and A. S. Deng, "Comparative Evaluation of Forecast Accuracies for ARIMA, Exponential Smoothing and VAR," *Int. J. Econ. Financ. Issues*, vol. 10, no. 6, pp. 206–216, 2020, doi: 10.32479/ijefi.9020.
- [18] D. Abdullah, Risawandi, and Zainannur, "Implementasi metode double exponential smoothing untuk peramalan konsumsi listrik berdasarkan pemakaian KWh di PT. PLN (Persero) ULP Natal," *TECHSI: Jurnal Teknik Informatika*, vol. 13, no. 1, pp. 61–80, Apr. 2021, doi: 10.29103/techsi.v13i1.3091.