

Forecasting of Clean Water Usage by Observing Trend Pattern using Time Series Method

Mahmudi Mahmudi^{1,*}, Usmau Lidya Nurillah¹, Siti Rusdiana¹, and T. Murdani Saputra¹
Mathematics Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh
23111, Indonesia.

*Corresponding email: mahmudi@usk.ac.id

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History Received : 17-02-2023 Revised : 25-03-2023 Accepted : 04-04-2023 Keyword Population Growth; Local Water Supply Utility; Double Exponential Smoothing; Triple Exponential Smoothing; Error Analysis. DOI: ...	Population expansion will raise the demand for safe drinking water. Local Water Supply Utility (hereinafter PDAM) Tirta Daroy is one of the clean water providers in Banda Aceh. PDAM needs to determine the future demand for clean water in order to forecast the spike in demand. Forecasting with the double exponential smoothing and triple exponential smoothing methods is one of the stages that can be taken. The mean absolute percentage error (MAPE) formula can be used to calculate the least error value. Based on research, the double exponential smoothing method provides the most accurate forecast data when the parameter value $\alpha=0.6$ with an error of 3.5%. While the triple exponential smoothing method, the most accurate forecast data is obtained when the alpha value is 0.4 with an error of 3.55%.

©2023 TJoMA. All rights reserved.

1. PENDAHULUAN

Data-data informasi periode sebelumnya dapat digunakan untuk memperkirakan kemungkinan suatu peristiwa dapat terjadi di masa mendatang. Pengetahuan ini dapat dimanfaatkan untuk meminimalkan terjadi kesalahan dalam pengambilan kebijakan penting. Selain itu, berdasar informasi tersebut pengambil kebijakan juga dapat untuk melakukan persiapan yang lebih baik dalam menghadapi ketidakpastian. Penggunaan informasi sebelumnya untuk memperkirakan suatu hasil di masa mendatang dinamakan dengan peramalan. Pada suatu usaha yang memiliki kepentingan bisnis, peramalan dapat digunakan sebagai landasan dalam menentukan keputusan penting. Salah satu bisnis yang melibatkan kebutuhan masyarakat banyak adalah ketersediaan air bersih.

Ketercukupan air bersih tentunya sangat penting untuk diantisipasi oleh pemerintah. PDAM sebagai wakil pemerintah dalam memberikan pelayanan publik terkait air bersih tentunya harus dapat memperkirakan kebutuhan air bersih di masa mendatang. Menurut Alsa (2007), seiring dengan bertambah banyaknya jumlah penduduk dan perkembangan masa, maka keperluan masyarakat akan barang dan jasa, terutama bagian sektor publik, akan ikut bertambah. Salah satu langkah yang dapat ditempuh oleh PDAM terkait masalah tersebut adalah dengan memperkirakan banyaknya kebutuhan air bersih untuk tahun-tahun mendatang.

PDAM Tirta Daroy sebagai salah satu ujung tombak dalam penyediaan air bersih di kota banda aceh, selain berperan dalam pelayanan publik juga merupakan perusahaan bisnis milik pemerintah daerah yang harus memberikan kontribusi untuk pendapatan asli daerah. Sebagai layanan bisnis, PDAM Tirta Daroy masih mengalami kerugian dalam beberapa tahun terakhir, sebagaimana juga dialami oleh kebanyakan PDAM di Indonesia (Syaifutra, Abidin, & Nurashia, 2017).

Terkait permasalahan tersebut, penulis ingin mencoba melakukan pendekatan peramalan untuk memprediksi kebutuhan air bersih yang harus disediakan oleh PDAM Tirta Daroy untuk beberapa tahun ke depan. Dengan demikian, diharapkan PDAM dapat mengambil

kebijakan-kebijakan strategis yang lebih cepat sehingga dapat membantu PDAM dalam menghasilkan keuntungan.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan peramalan adalah metode *exponential smoothing* yang merupakan bagian dari penerapan data deret berkala. Metode *exponential smoothing* telah banyak diterapkan oleh para peneliti lainnya dalam berbagai aspek kehidupan. Dalam bidang pariwisata, metode tersebut dapat digunakan untuk memprediksi banyaknya wisatawan asing yang berkunjung ke Indonesia (Rusdiana, Rahayu, & Asmanidar, 2022). Dalam bidang keuangan, peramalan juga dapat diterapkan untuk memperkirakan harga tukar rupiah dan valuta asing (Emilia, 2020). Beberapa bidang lain terkait peramalan juga telah diteliti oleh Mansyur dan Rohadi (2015) dan peramalan terkait kebutuhan pokok beras, sebagaimana diteliti oleh Siregar (2005).

Karena data penggunaan air bersih memiliki kecenderungan semakin meningkat, penulis tertarik untuk menggunakan metode *double exponential smoothing* dan *triple exponential smoothing* dalam memperkirakan kebutuhan air bersih pada PDAM Tirta Daroy. Dalam artikel ini, penulis mencoba mengubah-ubah nilai parameter sehingga dapat menghasilkan ramalan dengan tingkat keakuratan yang lebih tinggi.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan data kebutuhan air bersih PDAM Tirta Daroy mulai tahun 2013 sampai tahun 2018. Data yang tersedia sebanyak 72 bulan atau 6 tahun. Untuk peramalan, akan difokuskan pada data rata-rata konsumsi dalam setahun. Data aktual kebutuhan air bersih selama 6 tahun tersebut ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Pemakaian air bersih PDAM Tirta Daroy Banda Aceh

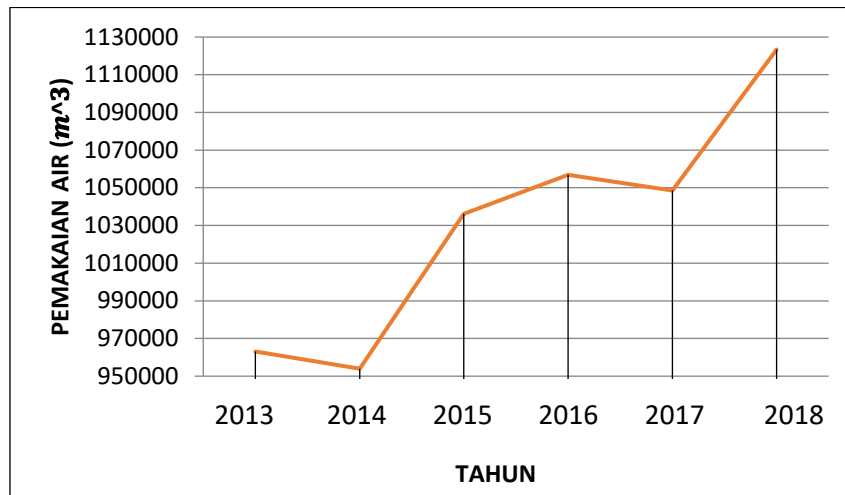
Bulan	Tahun (m^3)					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Januari	1.240.381	978.600	981.036	1.071.178	1.072.588	978.600
Februari	914.365	962.535	966.312	1.029.971	1.019.971	1.150.218
Maret	850.429	884.439	889.570	1.031.014	901.331	1.086.630
April	929.886	998.866	1.003.677	1.073.933	978.945	1.161.424
Mei	991.283	964.346	1.023.911	1.121.424	1.015.275	1.140.037
Juni	948.831	983.227	974.003	1.062.219	1.005.498	1.177.358
Juli	915.686	892.058	951.338	1.171.326	1.153.465	1.016.707
Agustus	1.032.706	999.742	1.084.122	938.989	1.033.884	1.168.205
September	890.502	965.523	1.188.599	1.058.349	1.148.138	1.153.570
Oktober	964.226	969.637	1.227.060	1.071.309	1.059.354	1.103.581
November	985.159	954.116	1.104.408	980.659	1.097.463	1.212.594
Desember	893.613	894.473	1.039.862	1.072.399	1.095.874	1.131.384
rata-rata	963.089	953.964	1.036.158	1.056.898	1.048.482	1.123.359

Sumber: PDAM Tirta Daroy

Penulis menggunakan bantuan Microsoft Excel untuk mengolah data dan untuk mempermudah perhitungan peramalan beberapa tahun berikutnya.

Secara sekilas, dapat diamati bahwa data pada Tabel 2.1 memiliki kecenderungan rata-rata konsumsi tahunan air bersih semakin tinggi, artinya semakin lama, kebutuhan air bersih semakin meningkat. Terdapat penurunan penggunaan air bersih pada tahun 2014 dibandingkan tahun 2013 sebelumnya, namun meningkat jauh untuk tahun 2015. Kemudian terdapat penurunan yang tidak signifikan pada tahun 2017, yang kemudian meningkat tajam kembali pada tahun 2018.

Untuk memperkuat dugaan tersebut, berikut ditampilkan pada Gambar 1 data rata-rata konsumsi tahunan air bersih dalam bentuk grafik.



Gambar 1. Grafik pola data jumlah rata-rata konsumsi pemakaian air bersih PDAM Tirta Daroy yang menunjukkan pola *trend* yang cenderung naik

Penulis menggunakan rumus *Double Exponential Smoothing* dan *Triple Exponential Smoothing* (Makridakis & Wheelwright, 1993) berikut ini untuk menghitung hasil peramalan.

$$S'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)S'_{t-1}$$

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha)S''_{t-1}$$

$$a_t = 2S'_t - S''_t$$

$$b_t = \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_t - S''_t)$$

$$F_{t+m} = a_t + b_t m$$

keterangan:

t : periode

X_t : nilai aktual pemakaian air bersih

S'_t : pemulusan pertama pemakaian air bersih untuk periode selanjutnya

S'_{t-1} : Pemulusan pertama pada periode sebelum X_t ; dimana $S'_{t-1} = S''_{t-1} = X_{t-1}$

S''_t : pemulusan kedua pemakaian air bersih untuk periode selanjutnya

α : parameter untuk mengurangi *forecast error*, antara 0 sampai 1 (dipilih $\alpha \in \{0,1; 0,2; \dots; 0,9\}$)

S''_{t-1} : Pemulusan kedua pada periode sebelum nilai aktual atau X_t

a_t : Penggabungan hasil dari pemulusan pertama dan kedua untuk periode selanjutnya

b_t : pemulusan *trend / slope* periode selanjutnya

F_{t+m} : prediksi periode selanjutnya

m : jumlah periode selanjutnya yang diramalkan

Sementara untuk rumus *Triple Exponential Smoothing* disajikan berikut ini.

$$S'''_t = \alpha S''_t + (1 - \alpha)S'''_{t-1}$$

$$a_t = 3S'_t - 3S''_t + S'''_t$$

$$b_t = \frac{\alpha}{2(1-\alpha)} ((6 - 5 \cdot \alpha)S'_t - (10 - 8 \cdot \alpha)S''_t + (4 - 3 \cdot \alpha)S'''_t)$$

$$c_t = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)^2} (S'_t - 2S''_t + S'''_t)$$

$$F_{t+m} = a_t + b_tm + \frac{1}{2}c_tm^2$$

keterangan:

- S'''_t : Pemulusan ketiga untuk periode selanjutnya
 S'''_{t-1} : Pemulusan kedua pada periode sebelum nilai aktual atau X_t ,
 dimana $S'''_{t-1} = X_{t-1}$
 a_t : Penggabungan hasil dari pemulusan pertama dan kedua untuk
 periode selanjutnya
 b_t : pemulusan *trend / slope* periode selanjutnya
 c_t : pemulusan kuadratik periode selanjutnya
 F_{t+m} : prediksi periode selanjutnya
 m : jumlah periode selanjutnya yang diramalkan

Pemilihan parameter α terbaik akan memberikan tingkat keakuratan peramalan yang tinggi (Dielman, 2006). Penulis menggunakan rumus *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) berikut ini.

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right|}{n} \times 100\%$$

Keterangan:

- X_t = nilai aktual pada periode- t ,
 F_t = nilai ramalan pada periode- t ,
 n = jumlah periode peramalan yang terlibat.

Rumus MAPE tersebut digunakan untuk memeriksa nilai error yang terkecil. Nilai error yang kecil memiliki makna bahwa ramalan yang dihasilkan mendekati nilai yang sebenarnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan ramalan penggunaan air bersih pada PDAM Tirta Daroy dilakukan dengan dua metode, yaitu *double exponential smoothing* dan *triple exponential smoothing*. Pada perhitungan tersebut, parameter α akan dipilih dari himpunan berikut $\{0,1; 0,2; 0,3; \dots; 0,9\}$.

3.1. Hasil Ramalan untuk Data Aktual

Berikut adalah hasil ramalan dengan menggunakan metode *double exponential smoothing* untuk berbagai nilai parameter α .

Tabel 2 Rata-rata hasil peramalan penggunaan air bersih dengan Metode *Double Exponential Smoothing*

Tahun	2014	2015	2016	2017	2018
Data Aktual	953.964	1.036.158	1.056.898	1.048.482	1.123.359
parameter $\alpha = 0,1$	963.089	961.264	970.402	1.040.306	1.055.215
parameter $\alpha = 0,2$	963.089	959.439	986.841	1.044.454	1.053.531
parameter $\alpha = 0,3$	963.089	957.615	1.003.270	1.048.599	1.051.849
parameter $\alpha = 0,4$	963.089	955.790	1.019.706	1.052.746	1.050.167
parameter $\alpha = 0,5$	963.089	953.964	1.036.158	1.056.898	1.048.482
parameter $\alpha = 0,6$	963.089	952.138	1.052.597	1.061.045	1.046.799
parameter $\alpha = 0,7$	963.089	947.791	1.052.638	1.062.542	1.046.823
parameter $\alpha = 0,8$	963.089	951.408	1.059.173	1.062.705	1.046.126
parameter $\alpha = 0,9$	963.089	946.663	1.101.914	1.073.489	1.041.750

Sementara hasil ramalan dengan menggunakan metode *Triple Exponential Smoothing* dapat diamati pada tabel berikut.

Tabel 3. Rata-rata hasil peramalan penggunaan air bersih dengan Metode *Triple Exponential Smoothing*

Tahun	2014	2015	2016	2017	2018
Data Aktual	953.964	1.036.158	1.056.898	1.048.482	1.123.359
parameter $\alpha = 0,1$	963.089	960.381	978.359	1.042.314	1.054.400
parameter $\alpha = 0,2$	963.089	957.730	1.002.228	1.048.336	1.051.956
parameter $\alpha = 0,3$	963.089	955.170	1.025.287	1.054.154	1.049.595
parameter $\alpha = 0,4$	963.089	952.711	1.047.439	1.059.744	1.047.327
parameter $\alpha = 0,5$	963.089	950.370	1.068.522	1.065.064	1.045.169
parameter $\alpha = 0,6$	963.089	948.174	1.088.302	1.070.055	1.043.143
parameter $\alpha = 0,7$	963.089	953.090	1.151.489	1.081.913	1.036.599
parameter $\alpha = 0,8$	963.089	944.283	1.123.350	1.078.898	1.039.555
parameter $\alpha = 0,9$	963.089	942.627	1.138.273	1.082.663	1.038.027

3.2. Keakuratan hasil peramalan

Untuk mengetahui keakuratan nilai peramalan dengan menggunakan metode MAPE dibutuhkan dua data yaitu data aktual dan data hasil peramalan. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai error terkecil untuk metode *double exponential smoothing* diperoleh saat nilai parameter $\alpha = 0,6$, yang dapat diamati pada tabel berikut.

Tabel 4. Perhitungan keakuratan nilai peramalan air bersih untuk metode *Double Exponential Smoothing*

Tahun	X_t	F_t ($\alpha = 0,6$)	$ X_t - F_t $	$\left \frac{X_t - F_t}{X_t} \right $
2014	953.964	963.089	9.125	0,009566
2015	1.036.158	952.138	84.020	0,081088
2016	1.056.898	1.052.597	4.301	0,004069
2017	1.048.482	1.062.045	21.563	0,011982
2018	1.123.359	1.046.823	76.560	0,068153
Jumlah				0,034972

$$\begin{aligned}
 \text{MAPE} &= \frac{\sum_{t=1}^5 \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right|}{5} \times 100\% \\
 &= \frac{0,1749}{5} \times 100\% \\
 &= 3,50\%
 \end{aligned}$$

Artinya, peramalan dengan metode *double exponential smoothing* memiliki tingkat keakuratan sebesar 96,5% dengan error sebesar 3.5%. Sementara untuk metode *triple exponential smoothing*, nilai error terkecil diperoleh saat parameter $\alpha = 0,4$. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 5. Perhitungan keakuratan nilai peramalan air bersih untuk metode *Triple Exponential Smoothing*

Tahun	X_t	F_t (0,4)	$ X_t - F_t $	$\left \frac{X_t - F_t}{X_t} \right $
2014	953.964	963.089	9.125	0,009566
2015	1.036.158	952.711	83.447	0,080535
2016	1.056.898	1.047.439	9.459	0,008949
2017	1.048.482	1.059.744	11.262	0,010741
2018	1.123.359	1.047.327	76.032	0,067683
Jumlah				0,177474

$$\begin{aligned}
 \text{MAPE} &= \frac{\sum_{t=1}^5 \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right|}{5} \times 100\% \\
 &= \frac{0,1749}{5} \times 100\% \\
 &= 3,55\%
 \end{aligned}$$

Artinya, peramalan dengan metode *triple exponential smoothing* memiliki tingkat keakuratan sebesar 96,45% dengan error sebesar 3.55%. Berdasarkan nilai α yang telah diperoleh, berikut disajikan hasil ramalan konsumsi air bersih untuk tahun 2019, 2020, dan 2021.

Tabel 6. Hasil peramalan penggunaan air bersih PDAM Tirta Daroy menggunakan parameter $\alpha = 0,6$ dengan metode *Double Exponential Smoothing*

Bulan	Tahun (m^3)		
	2019	2020	2021
Jan	959.802	925.967	892.131
Feb	1.176.267	1.223.156	1.270.045
Mar	1.123.690	1.190.397	1.257.105
Apr	1.197.920	1.263.612	1.329.305
Mei	1.164.989	1.209.904	1.254.818
Jun	1.211.730	1.273.600	1.335.469
Jul	989.355	940.123	890.890
Agu	1.195.069	1.243.425	1.291.780
Sep	1.154.656	1.156.612	1.158.567
Okt	1.112.426	1.128.348	1.144.270
Nov	1.235.620	1.277.067	1.318.515
Des	1.138.486	1.151.270	1.164.053
Rata-Rata	1.138.334	1.165.290	1.192.246

Tabel 3.6. Hasil peramalan penggunaan air bersih PDAM Tirta Daroy menggunakan parameter $\alpha = 0,4$ dengan metode *Triple Exponential Smoothing*

Bulan	Tahun (m^3)		
	2019	2020	2021
Jan	965.700	956.687	941.664
Feb	1.168.094	1.180.585	1.201.404
Mar	1.112.062	1.129.833	1.159.451
Apr	1.186.469	1.203.969	1.233.136
Mei	1.157.160	1.169.125	1.189.067
Jun	1.200.945	1.217.427	1.244.897
Jul	997.937	984.822	962.962
Agu	1.186.640	1.199.522	1.220.992
Sep	1.154.316	1.154.836	1.155.705
Okt	1.109.651	1.113.893	1.120.962
Nov	1.228.395	1.239.437	1.257.839
Des	1.136.258	1.139.663	1.145.339
Rata-Rata	1.133.636	1.140.817	1.152.785

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, peramalan penggunaan air bersih pada PDAM Tirta Daroy Banda Aceh dengan menggunakan metode *double exponential smoothing*, nilai error terkecil diperoleh saat menggunakan parameter $\alpha = 0,6$. Sementara, nilai error terkecil saat menggunakan metode *tripel exponential smoothing* diperoleh saat parameter $\alpha = 0,4$. Berdasarkan metode *Double Exponential Smoothing*, rata-rata perkiraan konsumsi air bersih untuk tahun 2019, 2020, dan 2021 berturut-turut adalah 1.138.334, 1.165.290, dan 1.192.246 (dalam m^3). Sementara berdasarkan metode *Triple Exponential Smoothing*, rata-rata perkiraan konsumsi air bersih untuk tahun 2019, 2020, dan 2021 berturut-turut adalah 1.133.636, 1.140.817, dan 1.152.785 (dalam m^3). Dari hasil analisis, metode diusulkan memiliki keakuratan yang baik yang terbentuk dari perubahan parameter, sehingga PDAM dapat memprediksi hingga satu tahun kedepan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PDAM Tirta Daroy Banda Aceh yang telah menyediakan data penelitian ini, dan juga kepada reviewer atas masukan berharga dalam perbaikan penulisan artikel ini.

REFERENSI

- Alsa, A. (2007). *Pendekatan Kuantitatif dan Kualitatif serta Kombinasinya dalam Penelitian Psikologi*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Dielman, T. E. (2006). Choosing Smoothing Parameters for Exponential Smoothing; Minimizing Sums of Squared versus Sums of Absolute Errors. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 5(1), 118-129.

- Emilia, J. (2020). *Metode Double Exponential Smoothing Brown dan Holt Dalam Peramalan Kurs dan Valuta Asing di Indonesia*. Banda Aceh: Universitas Syiah Kuala.
- Makridakis, S., & Wheelwright, S. C. (1993). *Metode dan Aplikasi Peramalan, Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Mansyur, M., & Rohadi, E. (2015). Sistem Informasi Peramalan Stok Barang Di Cv. Annora Asia Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing. *JIP*, 2(1), 45.
- Rusdiana, S., Rahayu, L., & Asmanidar, A. (2022). Application of The Exponential Smoothing Method in Predicting The Visit of Foreign Tourists to Indonesia. *Transcendent Journal of Mathematics and Applications*, 1(1), 29-35.
- Siregar, S. (2005). *Peramalan Tingkat Kebutuhan Beras pada Tahun 2008 di Kabupaten Tapanuli Selatan*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Syaifutra, R., Abidin, Z., & Nurasiah, N. (2017). Perkembangan Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Daroy Kota Banda Aceh tahun 1975-2016. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa*, 2(3), 84-92.