

Penerapan Metode Double Exponential Smoothing Dari Brown Untuk Peramalan Jumlah Produksi Air

Safitri Nurrohmah, Eti Kurniati

Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Islam Bandung

safitri.n1812@gmail.com, eti_k@unisba.ac.id

Abstrak. Pemerintah daerah membentuk Perumda Air Minum Tirta Raharja untuk memenuhi kebutuhan air bersih masyarakatnya di sekitar Kabupaten Bandung, Kabupaten Bandung Barat, dan Kota Cimahi. Produksi Air yang disalurkan oleh Perumda Air Minum Tirta Raharja umumnya selalu mengalami peningkatan setiap tahunnya. Adanya data historis setiap tahun, data jumlah produksi air dikategorikan sebagai data runtun waktu (*time series*). Dengan memodelkan data waktu lampau dapat digunakan untuk peramalan di masa yang akan datang. Pada artikel ini akan dibahas mengenai bagaimana peramalan jumlah produksi air yang disalurkan oleh Perumda Air Minum Tirta Raharja untuk lima tahun yang akan datang. Permasalahan ini diselesaikan dengan metode *double exponential smoothing* dari Brown. Dengan menggunakan ketetapan peramalan MAPE yang dilihat dari kesalahan peramalan, jumlah produksi air yang harus disalurkan oleh Perumda Air Minum Tirta Raharja di tahun 2021 sampai dengan 2025 secara berturut-turut dengan menggunakan parameter alpha 0,3 mengalami peningkatan setiap tahunnya.

Kata Kunci: Peramalan, Analisis Deret Waktu (*Time Series*), Double Exponential Smoothing

Abstract. The local government established the Tirta Raharja Drinking Water Perumda to meet the clean water needs of its people around Bandung Regency, West Bandung Regency, and Cimahi City. Water production distributed by Tirta Raharja Drinking Water Perumda generally always increases every year. The existence of historical data every year, data on the amount of water production is categorized as time series data. By modeling past data can be used for forecasting in the future. In this article will be discussed about how to forecast the amount of water production channeled by the Tirta Raharja Drinking Water Perumda for the next five years. This problem was solved by Brown's double exponential smoothing method. Using MAPE forecasting provisions seen from forecasting errors, the amount of water production that must be channeled by the Tirta Raharja Drinking Water Perumda in 2021 to 2025 in a row using an alpha parameter of 0.3 has increased every year.

Keywords: Forecasting, Time Series Analysis, Double Exponential Smoothing

1. Pendahuluan

Hampir seluruh aktivitas manusia di berbagai belahan bumi sangat bergantung terhadap ketersediaan air bersih. Ketersediaan air yang cukup dan kualitas air bersih merupakan salah satu faktor yang membuat kehidupan di dunia ini dapat terus berlangsung. Pada tahun 1977 Pemerintah Daerah membentuk Perumda Air Minum Kabupaten Bandung untuk memenuhi kebutuhan air bersih masyarakatnya. Pada tahun 2005 PDAM Tirta Raharja terbentuk melalui Peraturan Daerah Kabupaten Bandung yang selanjutnya di tahun 2019 berubah menjadi Perumda Air Minum Tirta Raharja.

Sesuai dengan Undang-Undang Nomor 9 Tahun 2001 tentang Pembentukan Kota Cimahi dan Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2007 tentang Pembentukan Kabupaten Bandung Barat. Maka secara administratif wilayah pelayanan Perumda Air Minum Tirta Raharja meliputi Kabupaten Bandung, Kabupaten Bandung Barat, dan Kota Cimahi. Berdasarkan Badan Pusat Statistik Jawa Barat, total penduduk di tiga wilayah otonom tersebut, pada Tahun 2018 sebanyak 4.795.230 jiwa dan di tahun 2019 sebanyak 4.822.088 jiwa [1]. Jumlah produksi air yang disalurkan oleh Perumda Air Minum Tirta Raharja pada tahun 2018 dan 2019 secara berturut-turut sebesar 28.840.610, 29.325.353 m^3 . Dilihat dari data diatas, jumlah penduduk yang semakin bertambah di setiap tahunnya, jumlah produksi air yang disalurkan juga bertambah.

Produksi air setiap tahunnya bergantung pada kapasitas sumber air baku. Air baku merupakan air yang berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah dan/atau air hujan yang memenuhi mutu

tertentu sebagai air minum. Dikarenakan kapasitas sumber air baku tidak menentu, hal ini mengakibatkan produksi air yang sangat bergantung pada iklim dan cuaca. Saat musim kemarau tiba, sumber air baku mengalami kekeringan yang berdampak pada penurunan debit.

Berdasarkan sumber pada Laporan Perkembangan Usaha Tahun 2013-2020 jumlah produksi air setiap tahun umumnya selalu mengalami peningkatan. Jumlah produksi air merupakan salah satu data runtun waktu. Karena data yang dikumpulkan menurut urutan waktu dalam suatu rentang waktu tertentu. Dalam hal ini menggunakan rentang waktu setiap tahun dari tahun 2013-2020. Dengan memodelkan data waktu lampau dapat digunakan untuk peramalan di waktu mendatang. Pada penelitian ini, penulis menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* dari Brown untuk meramalkan jumlah produksi air [2, 3].

2. Tinjauan Teoritis

2.1 Peramalan

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok yang sangat berperan penting bagi seluruh makhluk hidup tidak terkecuali manusia. Memperkirakan kebutuhan air yang harus diproduksi oleh Perumda Air Minum Tirta Raharja sangatlah penting. Karena tanpa adanya perkiraan, dapat mengakibatkan kurang atau berlebihnya kebutuhan air yang disalurkan oleh Perumda Air Minum Tirta Raharja. Oleh karena itu, dengan mempertimbangkan segala hal yang terjadi di masa lalu maka sangat diperlukan adanya suatu sistem yang dapat meramalkan jumlah kebutuhan air yang diproduksi. Hal ini dapat berguna untuk memudahkan berapa jumlah produksi air yang harus disalurkan pada tahun yang akan datang. Peramalan adalah teknik untuk memperkirakan nilai atau data pada masa yang akan datang dengan memperhatikan data masa lalu, salah satunya dapat dilakukan dengan menggunakan analisis deret waktu (*time series*) [4].

2.2 Analisis Deret Waktu (*Time Series*)

Analisis deret waktu diperkenalkan pada tahun 1970 oleh George E.P. Box dan Gwilym M. Jenkins melalui bukunya yang berjudul *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. Analisis deret waktu dapat digunakan untuk tujuan seperti mendeskripsikan karakteristik data, menjelaskan ragam peubah tertentu yang terkait dengan peubah penduga, memprediksi nilai suatu peubah di masa depan, atau mengendalikan proses yang berlangsung dari hasil analisis kualitas proses produksi yang terukur [5].

Langkah penting dalam memilih suatu metode deret waktu (*time series*) yang tepat adalah dengan mempertimbangkan jenis pola data, sehingga metode yang paling tepat dengan pola tersebut dapat diuji [6]. Beberapa pola dapat dibedakan menjadi empat jenis, yaitu:

1. Pola data stasioner, yaitu pola yang terjadi apabila nilai berfluktuasi disekitar nilai rata-rata yang konstan.
2. Pola data trend, yaitu pola yang menunjukkan kenaikan atau penurunan jangka panjang dalam data, biasanya terlihat dari grafik.
3. Pola data musiman, yaitu pola yang menunjukkan perubahan yang berulang-ulang secara periodic dalam deret waktu. Pola ini terjadi bila suatu deret dipengaruhi oleh faktor musiman seperti kuartal tahun tertentu, bulanan atau hari-hari pada minggu tertentu.
4. Pola data siklus, yaitu pola yang menunjukkan gerakan naik turun yang dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang seperti siklus bisnis.

2.3 Metode *Double Exponential Smoothing*

Pemulusan Eksponensial Ganda (*Double Exponential Smoothing*) dari Brown merupakan model linear yang dikemukakan oleh Brown [7]. Penelitian yang dilakukan oleh Pujiati (2016) [8] tentang Peramalan Dengan Metode *Double Exponential Smoothing* Dari Brown (Studi Kasus: Indeks Harga Konsumen (IHK) Kota Samarinda) menyebutkan bahwa metode ini digunakan ketika data menunjukkan adanya trend pada plot. Trend adalah estimasi yang dihaluskan dari pertumbuhan rata-rata pada akhir masing-masing periode. Dasar pemikiran dari pemulusan eksponensial dari Brown adalah serupa dengan rata-rata bergerak linier (*Linier Moving Average*), karena kedua nilai pemulusan tunggal dan ganda ketunggalan dari data yang sebenarnya. Bila terdapat unsur trend, perbedaan nilai pemulusan tunggal

dan ganda dapat ditambahkan kepada pemulusan ganda dan disesuaikan untuk trend. Persamaan yang dipakai dalam menentukan ramalan menggunakan *double exponential smoothing* dari Brown adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan nilai pemulusan Eksponensial Tunggal (S'_t)

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

S'_t = Nilai pemulusan eksponensial tunggal

α = Parameter pemulusan eksponensial

X_t = Nilai riil periode t

S'_{t-1} = Nilai pemulusan eksponensial sebelumnya

- b. Menentukan nilai Eksponensial Ganda (S''_t)

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

S''_t = Nilai pemulusan eksponensial ganda

- c. Menentukan besarnya konstanta (a_t)

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

a_t = Besarnya konstanta periode t

- d. Menentukan besarnya Slope (b_t)

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

b_t = Slope/nilai trend dari data yang sesuai

- e. Menentukan nilai Peramalan

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

F_{t+m} = Nilai peramalan

m = jangka waktu peramalan

Agar mendapatkan nilai α yang tepat, pada umumnya dilakukan trial and error untuk menentukan nilai kesalahan terendah. Nilai α dilakukan dengan membandingkan menggunakan interval pemulusan antar $0 < \alpha < 1$.

Untuk dapat menggunakan rumus, maka nilai S'_{t-1} dan S''_{t-1} harus tersedia. Tetapi pada saat $t = 1$, nilai-nilai tersebut tidak tersedia. Karena nilai-nilai ini harus ditentukan pada awal periode, untuk mengatasi ini dapat dilakukan dengan menetapkan S'_t dan S''_t sama dengan nilai x_1 (data aktual) [7].

2.4 Ketetapan Peramalan

Ketetapan metode ramalan dilihat dari kesalahan peramalan. Kesalahan peramalan merupakan ukuran ketetapan dan menjadi dasar untuk membandingkan kinerja. Dalam penelitian ini digunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) untuk pemilihan metode terbaik serta mengetahui ketetapan peramalan. MAPE merupakan pengukuran kesalahan yang menghitung ukuran persentase penyimpangan antara data actual dengan data peramalan. Kemampuan peramalan dikatakan memiliki kinerja yang baik jika memiliki nilai MAPE dibawah 10%. Nilai MAPE dapat dihitung dengan persamaan berikut:

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

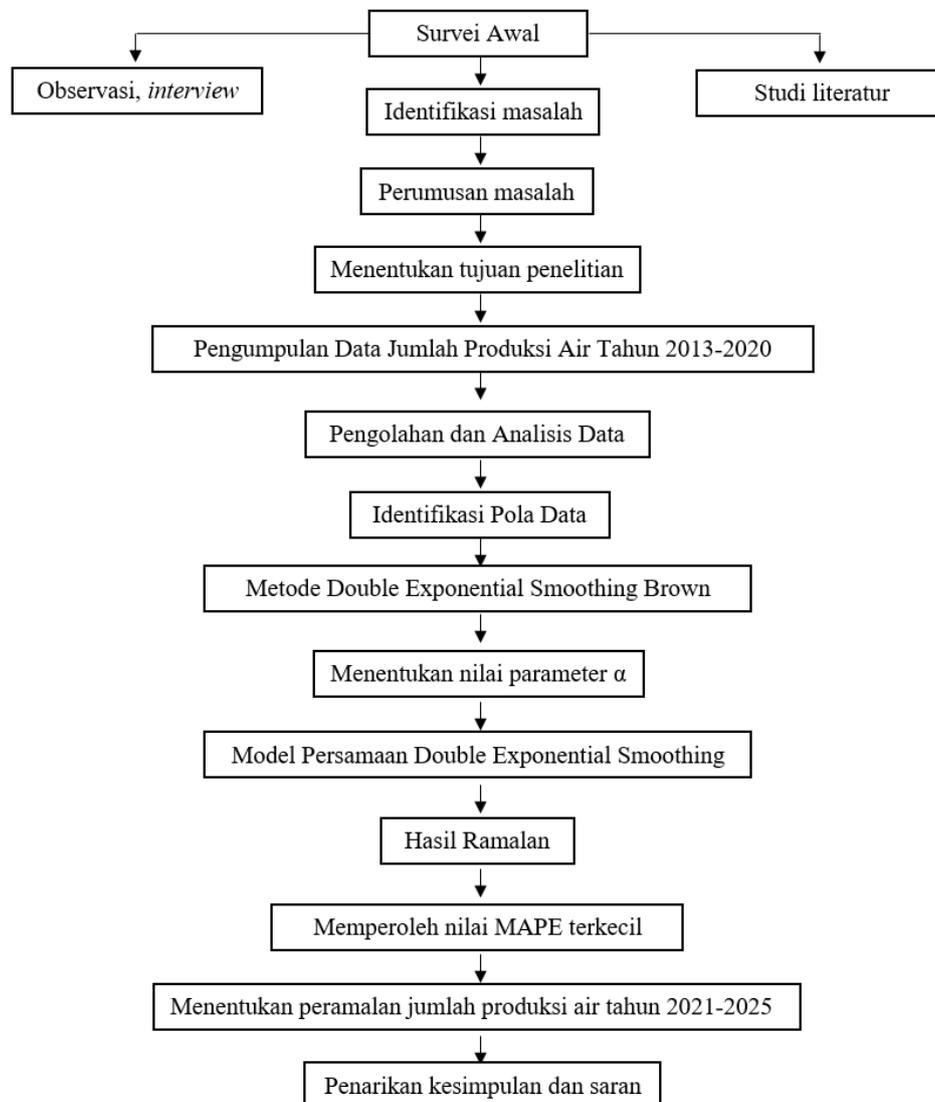
X_t = Data aktual pada periode ke-t

F_t = Nilai peramalan pada periode ke-t

n = Jumlah data

3. Metode Penelitian

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari kepustakaan, studi literatur, observasi, dan *interview* [9, 10, 11]. Data jumlah produksi air tahun 2013-2020 diperoleh dari Perumda Air Minum Tirta Raharja. Pada bagian penyelesaian untuk meramalkan jumlah produksi air, penelitian ini menggunakan metode *double exponential smoothing* dari Brown yang diolah dengan Microsoft Excel [12, 13, 14]. Gambar 1 menunjukkan diagram alur penyelesaian masalah pada penelitian ini [15].



Gambar 1. Metode Penelitian Untuk Peramalan Jumlah Produksi Air

4. Hasil dan Pembahasan

Jumlah produksi air Perumda Air Minum Tirta Raharja pada tahun 2013-2020 umumnya selalu mengalami peningkatan setiap tahunnya. Peningkatan tersebut dapat terlihat pada Tabel 1, dimana pada tahun 2013 jumlah produksi air sebesar 22.860.341. Kemudian meningkat pada tahun 2014 yakni sebesar 24.334.172, begitu pula di tahun 2015 meningkat menjadi 24.481.716.

Tabel 1. Jumlah Produksi Air

Tahun	Jumlah produksi air(m^3)
2013	22.860.341
2014	24.334.172
2015	24.481.716
2016	26.270.974
2017	27.646.390
2018	28.840.610
2019	29.325.353
2020	29.402.350

Sumber: Data Dari Laporan Perkembangan Usaha Perumda Air Minum Tirta Raharja Tahun 2013-2020 [16]

Gambar 2 merupakan pola data jumlah produksi air pada tahun 2013-2020 yang diperoleh dari Tabel 1. Pola data merupakan hal terpenting sebelum memilih metode peramalan karena ketetapan pemilihan metode peramalan sangat bergantung pada jenis pola data.



Gambar 2. Pola Data Jumlah Produksi Air

Pola data yang ditunjukkan pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa data bersifat trend karena data yang cenderung terus meningkat. Pola data tren terjadi jika data pada grafik menunjukkan peningkatan atau penurunan jangka panjang [6]. Berdasarkan pada pengolahan dan analisis data, penulis mengaplikasikan data pada Tabel 1 dengan peramalan (*forecasting*) berdasarkan metode pemulusan eksponensial satu parameter dari Brown. Berdasarkan studi pustaka maka dalam penelitian ini, α akan dicoba secara acak sebagai nilai parameter. α yang digunakan dalam penelitian ini adalah ($\alpha = 0.1$), ($\alpha = 0.2$), ($\alpha = 0.3$), ($\alpha = 0.4$), ($\alpha = 0.5$), ($\alpha = 0.6$), ($\alpha = 0.7$), ($\alpha = 0.8$), ($\alpha = 0.9$). Untuk peramalan tahun 2013 karena pada saat $t = 1$ nilai S'_t dan S''_t belum tersedia, maka untuk nilai *smoothing* pertama dan kedua sama dengan nilai x_1 (data aktual) sebesar 22.860.341.

Karena nilai S'_{t-1} pada saat $t=1$ belum tersedia yang disebabkan belum ada nilai pada awal periode, maka nilai *smoothing* pertama (S'_t) pada saat $t=2$ dengan $\alpha = 0.1$ sama dengan nilai x_1 (data aktual) sebesar 22.860.341. Berikut contoh perhitungannya:

$$\begin{aligned}
 S'_t &= \alpha X_t + (1 - \alpha)S'_{t-1} \\
 S'_2 &= \alpha X_2 + (1 - \alpha)S'_1 \\
 S'_2 &= (0,1 \times 24.334.172) + (1 - 0,1)22.860.341 \\
 S'_2 &= 23.007.724
 \end{aligned}$$

Karena nilai S''_{t-1} pada saat $t=1$ belum tersedia yang disebabkan belum ada nilai pada awal periode, maka nilai *smoothing* pertama (S'_t) pada saat $t=2$ dengan $\alpha = 0.1$ sama dengan nilai x_1 (data aktual) sebesar 22.860.341. Berikut contoh perhitungannya:

$$\begin{aligned}
 S''_t &= \alpha X_t + (1 - \alpha)S''_{t-1} \\
 S''_2 &= \alpha X_2 + (1 - \alpha)S''_1 \\
 S''_2 &= (0,1 \times 23.007.724) + (1 - 0,1)22.860.341 \\
 S''_2 &= 22.875.079
 \end{aligned}$$

Berikut contoh perhitungan menentukan besarnya konstanta (a_t) pada saat $t=2$ dengan $\alpha = 0.1$

$$\begin{aligned}
 a_t &= 2S'_t - S''_t \\
 a_2 &= 2S'_2 - S''_2 \\
 a_2 &= 2(23.007.724) - 22.875.079 \\
 a_2 &= 23.140.369 \\
 a_2 &= 2S'_2 - S''_2
 \end{aligned}$$

Berikut contoh perhitungan menentukan besarnya *slope* (b_t) pada saat $t=2$ dengan $\alpha = 0.1$

$$\begin{aligned}
 b_t &= \frac{\alpha}{1-\alpha}(S'_t - S''_t) \\
 b_2 &= \frac{\alpha}{1-\alpha}(S'_2 - S''_2) \\
 b_2 &= \frac{0,1}{1-0,1}(23.007.724 - 22.875.079) \\
 b_t &= 14.738
 \end{aligned}$$

Berikut contoh perhitungan nilai peramalan (F_t) pada saat $t=2$ dengan $\alpha = 0.1$

$$\begin{aligned}
 F_t &= a_t + b_t \\
 F_t &= a_t + b_t \\
 F_t &= 23.140.369 + 14.738 = 23.155.107
 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan peramalan periode lainnya dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 2. Hasil Ramalan Jumlah Produksi Air dengan $\alpha = 0.1$

Tahun	T	Jumlah produksi air (m^3)	S'_t	S''_t	a_t	b_t	$a_t + b_t$
2013	1	22.860.341	22.860.341	22.860.341	-	-	-
2014	2	24.334.172	23.007.724	22.875.079	23.140.369	14.738	23.155.107
2015	3	24.481.716	23.155.123	22.903.084	23.407.163	28.004	23.435.167
2016	4	26.270.974	23.466.708	22.959.446	23.973.971	56.362	24.030.333
2017	5	27.646.390	23.884.677	23.051.969	24.717.384	92.523	24.809.907
2018	6	28.840.610	24.380.270	23.184.799	25.575.740	132.830	25.708.571
2019	7	29.325.353	24.874.778	23.353.797	26.395.759	168.998	26.564.757
2020	8	29.402.350	25.327.535	23.551.171	27.103.900	197.374	27.301.274

Sumber: Data Diolah Berdasarkan Data Dari Laporan Perkembangan Usaha Perumda Air Minum Tahun 2013-2020

Tabel 3. Hasil Ramalan Jumlah Produksi Air dengan $\alpha = 0.2$

Tahun	T	Jumlah produksi air (m^3)	S'_t	S''_t	a_t	b_t	$a_t + b_t$
2013	1	22.860.341	22.860.341	22.860.341	-	-	-
2014	2	24.334.172	23.155.107	22.919.294	23.390.920	58.953	23.449.873
2015	3	24.481.716	23.420.429	23.019.521	23.821.337	100.227	23.921.564
2016	4	26.270.974	23.990.538	23.213.725	24.767.351	194.203	24.961.555
2017	5	27.646.390	24.721.708	23.515.321	25.928.095	301.597	26.229.692
2018	6	28.840.610	25.545.489	23.921.355	27.169.623	406.033	27.575.656
2019	7	29.325.353	26.301.462	24.397.376	28.205.547	476.021	28.681.568
2020	8	29.402.350	26.921.639	24.902.229	28.941.050	504.853	29.445.902

Sumber: Data Diolah Berdasarkan Data Dari Laporan Perkembangan Usaha Perumda Air Minum Tahun 2013-2020

Tabel 4. Hasil Ramalan Jumlah Produksi Air dengan $\alpha = 0.3$

Tahun	T	Jumlah produksi air (m^3)	S'_t	S''_t	a_t	b_t	$a_t + b_t$
2013	1	22.860.341	22.860.341	22.860.341	-	-	-
2014	2	24.334.172	23.302.490	22.992.986	23.611.995	132.645	23.744.640
2015	3	24.481.716	23.656.258	23.191.967	24.120.549	198.982	24.319.530
2016	4	26.270.974	24.440.673	23.566.579	25.314.767	374.612	25.689.378
2017	5	27.646.390	25.402.388	24.117.322	26.687.454	550.743	27.238.197
2018	6	28.840.610	26.433.855	24.812.282	28.055.428	694.960	28.750.387
2019	7	29.325.353	27.301.304	25.558.988	29.043.620	746.707	29.790.327
2020	8	29.402.350	27.931.618	26.270.777	29.592.459	711.789	30.304.247

Sumber: Data Diolah Berdasarkan Data Dari Laporan Perkembangan Usaha Perumda Air Minum Tahun 2013-2020

Tabel 5. Hasil Ramalan Jumlah Produksi Air dengan $\alpha = 0.4$

Tahun	T	Jumlah produksi air (m^3)	S'_t	S''_t	a_t	b_t	$a_t + b_t$
2013	1	22.860.341	22.860.341	22.860.341	-	-	-
2014	2	24.334.172	23.449.873	23.096.154	23.803.593	235.813	24.039.406
2015	3	24.481.716	23.862.610	23.402.737	24.322.484	306.583	24.629.067
2016	4	26.270.974	24.825.956	23.972.024	25.679.887	569.288	26.249.175
2017	5	27.646.390	25.954.130	24.764.866	27.143.393	792.842	27.936.235
2018	6	28.840.610	27.108.722	25.702.409	28.515.035	937.542	29.452.577
2019	7	29.325.353	27.995.374	26.619.595	29.371.154	917.186	30.288.340
2020	8	29.402.350	28.558.165	27.395.023	29.721.306	775.428	30.496.734

Sumber: Data Diolah Berdasarkan Data Dari Laporan Perkembangan Usaha Perumda Air Minum Tahun 2013-2020

Tabel 6. Hasil Ramalan Jumlah Produksi Air dengan $\alpha = 0.5$

Tahun	T	Jumlah produksi air (m^3)	S'_t	S''_t	a_t	b_t	$a_t + b_t$
2013	1	22.860.341	22.860.341	22.860.341	-	-	-
2014	2	24.334.172	23.597.257	23.228.799	23.965.714	368.458	24.334.172
2015	3	24.481.716	24.039.486	23.634.143	24.444.830	405.344	24.850.174
2016	4	26.270.974	25.155.230	24.394.686	25.915.774	760.544	26.676.318
2017	5	27.646.390	26.400.810	25.397.748	27.403.872	1.003.062	28.406.934
2018	6	28.840.610	27.620.710	26.509.229	28.732.191	1.111.481	29.843.672
2019	7	29.325.353	28.473.032	27.491.130	29.454.933	981.901	30.436.834
2020	8	29.402.350	28.937.691	28.214.411	29.660.971	723.280	30.384.251

Sumber: Data Diolah Berdasarkan Data Dari Laporan Perkembangan Usaha Perumda Air Minum Tahun 2013-2020

Tabel 7. Hasil Ramalan Jumlah Produksi Air dengan $\alpha = 0.6$

Tahun	T	Jumlah produksi air (m^3)	S'_t	S''_t	a_t	b_t	$a_t + b_t$
2013	1	22.860.341	22.860.341	22.860.341	-	-	-
2014	2	24.334.172	23.744.640	23.390.920	24.098.359	530.579	24.628.938
2015	3	24.481.716	24.186.885	23.868.499	24.505.272	477.579	24.982.851
2016	4	26.270.974	25.437.339	24.809.803	26.064.874	941.304	27.006.178
2017	5	27.646.390	26.762.769	25.981.583	27.543.956	1.171.780	28.715.736
2018	6	28.840.610	28.009.474	27.198.317	28.820.630	1.216.735	30.037.365
2019	7	29.325.353	28.799.001	28.158.728	29.439.275	960.410	30.399.685
2020	8	29.402.350	29.161.011	28.760.097	29.561.924	601.370	30.163.293

Sumber: Data Diolah Berdasarkan Data Dari Laporan Perkembangan Usaha Perumda Air Minum Tahun 2013-2020

Tabel 8. Hasil Ramalan Jumlah Produksi Air dengan $\alpha = 0.7$

Tahun	T	Jumlah produksi air (m^3)	S'_t	S''_t	a_t	b_t	$a_t + b_t$
2013	1	22.860.341	22.860.341	22.860.341	-	-	-
2014	2	24.334.172	23.892.023	23.582.518	24.201.527	722.177	24.923.704
2015	3	24.481.716	24.304.808	24.088.121	24.521.495	505.603	25.027.098
2016	4	26.270.974	25.681.124	25.203.223	26.159.025	1.115.102	27.274.127
2017	5	27.646.390	27.056.810	26.500.734	27.612.886	1.297.511	28.910.397
2018	6	28.840.610	28.305.470	27.764.049	28.846.891	1.263.315	30.110.206
2019	7	29.325.353	29.019.388	28.642.786	29.395.990	878.737	30.274.727
2020	8	29.402.350	29.287.461	29.094.059	29.480.864	451.272	29.932.136

Sumber: Data Diolah Berdasarkan Data Dari Laporan Perkembangan Usaha Perumda Air Minum Tahun 2013-2020

Tabel 9. Hasil Ramalan Jumlah Produksi Air dengan $\alpha = 0.8$

Tahun	T	Jumlah produksi air (m^3)	S'_t	S''_t	a_t	b_t	$a_t + b_t$
2013	1	22.860.341	22.860.341	22.860.341	-	-	-
2014	2	24.334.172	24.039.406	23.803.593	24.275.219	943.252	25.218.471
2015	3	24.481.716	24.393.254	24.275.322	24.511.186	471.729	24.982.915
2016	4	26.270.974	25.895.430	25.571.408	26.219.452	1.296.087	27.515.538
2017	5	27.646.390	27.296.198	26.951.240	27.641.156	1.379.832	29.020.988
2018	6	28.840.610	28.531.728	28.215.630	28.847.825	1.264.390	30.112.215
2019	7	29.325.353	29.166.628	28.976.428	29.356.827	760.798	30.117.626
2020	8	29.402.350	29.355.206	29.279.450	29.430.961	303.022	29.733.983

Sumber: Data Diolah Berdasarkan Data Dari Laporan Perkembangan Usaha Perumda Air Minum Tahun 2013-2020

Tabel 10. Hasil Ramalan Jumlah Produksi Air dengan $\alpha = 0.9$

Tahun	T	Jumlah produksi air (m^3)	S'_t	S''_t	a_t	b_t	$a_t + b_t$
2013	1	22.860.341	22.860.341	22.860.341	-	-	-
2014	2	24.334.172	24.186.789	24.054.144	24.319.434	1.193.803	25.513.237
2015	3	24.481.716	24.452.223	24.412.415	24.492.031	358.271	24.850.302
2016	4	26.270.974	26.089.099	25.921.431	26.256.767	1.509.015	27.765.782
2017	5	27.646.390	27.490.661	27.333.738	27.647.584	1.412.307	29.059.891
2018	6	28.840.610	28.705.615	28.568.427	28.842.803	1.234.690	30.077.492
2019	7	29.325.353	29.263.379	29.193.884	29.332.874	625.457	29.958.331
2020	8	29.402.350	29.388.453	29.368.996	29.407.910	175.112	29.583.022

Sumber: Data Diolah Berdasarkan Data Dari Laporan Perkembangan Usaha Perumda Air Minum Tahun 2013-2020

Setelah nilai *smoothing* pertama, *smoothing* kedua, a_t , b_t , dan $a_t + b_t$ sudah dihitung, selanjutnya dilakukan perhitungan error dengan menggunakan metode analisis kesalahan MAPE. Sebelum dilakukan perhitungan MAPE, terlebih dahulu perlu dihitung kesalahan peramalan absolut dibagi dengan data aktual. Berikut contoh perhitungan:

Tahun 2014 untuk $\alpha = 0.1$

$$\frac{|X_2 - F_2|}{X_2} = \frac{|24.481.716 - 23.435.167|}{24.481.716} = 0.043$$

Tahun 2014 untuk $\alpha = 0.2$

$$\frac{|X_2 - F_2|}{X_2} = \frac{|24.481.716 - 23.921.564|}{24.481.716} = 0.023$$

Tahun 2014 untuk $\alpha = 0.3$

$$\frac{|X_2 - F_2|}{X_2} = \frac{|24.481.716 - 24.319.530|}{24.481.716} = 0.007$$

Tahun 2014 untuk $\alpha = 0.4$

$$\frac{|X_2 - F_2|}{X_2} = \frac{|24.481.716 - 24.629.067|}{224.481.716} = 0.006$$

Tahun 2014 untuk $\alpha = 0.5$

$$\frac{|X_2 - F_2|}{X_2} = \frac{|24.481.716 - 24.850.174|}{24.481.716} = 0.015$$

Tahun 2014 untuk $\alpha = 0.6$

$$\frac{|X_2 - F_2|}{X_2} = \frac{|24.481.716 - 24.982.851|}{24.481.716} = 0.020$$

Tahun 2014 untuk $\alpha = 0.7$

$$\frac{|X_2 - F_2|}{X_2} = \frac{|24.481.716 - 25.027.098|}{24.481.716} = 0.022$$

Tahun 2014 untuk $\alpha = 0.8$

$$\frac{|X_2 - F_2|}{X_2} = \frac{|24.481.716 - 24.982.915|}{24.481.716} = 0.020$$

Tahun 2014 untuk $\alpha = 0.9$

$$\frac{|X_2 - F_2|}{X_2} = \frac{|24.481.716 - 24.850.302|}{24.481.716} = 0.015$$

Untuk hasil perhitungan peramalan periode lainnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 11. Hasil Perhitungan Kesalahan Peramalan Absolut dibagi dengan Data Aktual

Tahun	T	$\frac{ X_t - F_t }{X_t}$								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
2013	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	2	0,048	0,036	0,024	0,012	0,000	0,012	0,024	0,036	0,048
2015	3	0,043	0,023	0,007	0,006	0,015	0,020	0,022	0,020	0,015
2016	4	0,085	0,050	0,022	0,001	0,015	0,028	0,038	0,047	0,057
2017	5	0,103	0,051	0,015	0,010	0,028	0,039	0,046	0,050	0,051
2018	6	0,109	0,044	0,003	0,021	0,035	0,041	0,044	0,044	0,043
2019	7	0,094	0,022	0,016	0,033	0,038	0,037	0,032	0,027	0,022
2020	8	0,071	0,001	0,031	0,037	0,033	0,026	0,018	0,011	0,006
Jumlah		0,553	0,225	0,024	0,095	0,164	0,203	0,225	0,236	0,242

Sumber: Data Diolah (2021)

Untuk mengetahui nilai α yang paling tepat adalah dengan cara membandingkan kesalahan peramalan MAPE dari masing-masing nilai α . Berikut perhitungan MAPE:

Perhitungan MAPE dengan nilai $\alpha = 0.1$

$$MAPE = \left(\frac{100\%}{n}\right) \sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t} = \left(\frac{100\%}{7}\right) * 0.553 = 0,079$$

Perhitungan MAPE dengan nilai $\alpha = 0.2$

$$MAPE = \left(\frac{100\%}{n}\right) \sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t} = \left(\frac{100\%}{7}\right) * 0.225 = 0,032$$

Perhitungan MAPE dengan nilai $\alpha = 0.3$

$$MAPE = \left(\frac{100\%}{n}\right) \sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t} = \left(\frac{100\%}{7}\right) * 0.024 = 0,003$$

Perhitungan MAPE dengan nilai $\alpha = 0.4$

$$MAPE = \left(\frac{100\%}{n}\right) \sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t} = \left(\frac{100\%}{7}\right) * 0.095 = 0,014$$

Perhitungan MAPE dengan nilai $\alpha = 0.5$

$$MAPE = \left(\frac{100\%}{n}\right) \sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t} = \left(\frac{100\%}{7}\right) * 0.164 = 0,023$$

Perhitungan MAPE dengan nilai $\alpha = 0.6$

$$MAPE = \left(\frac{100\%}{n}\right) \sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t} = \left(\frac{100\%}{7}\right) * 0.203 = 0,029$$

Perhitungan MAPE dengan nilai $\alpha = 0.7$

$$MAPE = \left(\frac{100\%}{n}\right) \sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t} = \left(\frac{100\%}{7}\right) * 0.225 = 0,032$$

Perhitungan MAPE dengan nilai $\alpha = 0.8$

$$MAPE = \left(\frac{100\%}{n}\right) \sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t} = \left(\frac{100\%}{7}\right) * 0.236 = 0,034$$

Perhitungan MAPE dengan nilai $\alpha = 0.9$

$$MAPE = \left(\frac{100\%}{n}\right) \sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t} = \left(\frac{100\%}{7}\right) * 0.242 = 0,035$$

Dari hasil diatas terlihat bahwa hasil perhitungan MAPE dengan nilai $\alpha = 0.3$ lebih kecil dibandingkan dengan nilai yang lainnya, karena berdasarkan perhitungan error memiliki error *forecast* yang lebih baik. Maka, *forecast* Jumlah Produksi Air untuk 5 tahun yang akan datang dapat dihitung menggunakan nilai $\alpha = 0.3$ dengan nilai $a_t = 29.592.459$ dan $b_t = 711.789$.

Perhitungan peramalan periode ke 9 ($m=1$) yaitu untuk tahun 2021:

$$F_{t+m} = a_t + b_t (m) \\ = 29.592.459 + 711.789 (1) = 30.304.248$$

Perhitungan peramalan periode ke 10 ($m=2$) yaitu untuk tahun 2022:

$$F_{t+m} = a_t + b_t (m) \\ = 29.592.459 + 711.789 (2) = 31.016.037$$

Perhitungan peramalan periode ke 11 ($m=3$) yaitu untuk tahun 2023:

$$F_{t+m} = a_t + b_t (m) \\ = 29.592.459 + 711.789 (3) = 31.727.826$$

Perhitungan peramalan periode ke 12 ($m=4$) yaitu untuk tahun 2024:

$$F_{t+m} = a_t + b_t (m) \\ = 29.592.459 + 711.789 (4) = 32.439.615$$

Perhitungan peramalan periode ke 13 ($m=5$) yaitu untuk tahun 2025:

$$F_{t+m} = a_t + b_t (m) \\ = 29.592.459 + 711.789(5) = 32.151.404$$

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penerapan *double exponential smoothing* dari Brown untuk peramalan jumlah produksi air, maka kesimpulan dari penelitian ini adalah parameter α terbaik yang didapat untuk peramalan jumlah produksi air Perumda Air Minum Tirta Raharja pada tahun 2013 hingga tahun 2020 adalah $\alpha = 0.3$ karena menghasilkan nilai MAPE yang terkecil yaitu sebesar 0,003. Hasil Peramalan Jumlah Produksi Air yang disalurkan oleh Perumda Air Minum Tirta Raharja pada tahun 2021 sampai dengan tahun 2025 secara berturut-turut sebesar 30.304.248, 31.016.037, 31.727.826, 32.439.615, dan 33.151.404.

Ucapan Terima kasih

Terima kasih disampaikan kepada Bapak Asep Sudarman selaku Supervisor Senior Akuntansi dan Pembimbing Lapangan di kantor Perumda Air Minum Tirta Raharja. Seluruh karyawan kantor Perumda Air Minum Tirta Raharja yang selalu meluangkan waktunya untuk membimbing dan memberi pengarahan selama kegiatan Kuliah Kerja Lapangan (KKL). Juga kepada semua pihak yang telah membantu pada pelaksanaan penelitian ini.

Referensi

- [1] "Badan Pusat Statistik Jawa Barat," [Online]. <https://jabar.bps.go.id/pressrelease/2021/01/21/839/hasil-sensus-penduduk-2020-di-provinsi-jawa-barat.html>. [Accessed 17 September 2021].
- [2] Anik Rufaidah, Muhamad Afif Effindi, "Perbandingan Peramalan Dengan Metode Eksponensial Smoothing dan Winter Multiplicative Seasonality pada Data Penjualan Songkok Nasional UMKM di Kabupaten Gresik," *Jurnal Matematika*, vol. 18, no. 1, pp. 1-7, 2019.
- [3] Hani Nastiti Tantika, Nanang Supriadi, Dian Anggraini, "Metode Seasonal ARIMA untuk Meramalkan Produksi Kopi Dengan Indikator Curah Hujan Menggunakan Aplikasi R di Kabupaten Lampung Barat," *Jurnal Matematika*, vol. 17, no. 2, pp. 49-58, 2018.
- [4] S. Aswi, Analisis Deret Waktu, Makassar: Andira, 2016.
- [5] C. Chatfield, The Analysis of Time Series: An Introduction, USA: Chapman and Hall CRC, 6th Ed 2004.
- [6] S. Maridakis, Metode dan Aplikasi Peramalan, Edisi Kedua ed., Jakarta: Binarupa Aksara, 1999.
- [7] S Makridakis, C W Steven, E M Victor, Metode dan Aplikasi Peramalan, Jilid 1 Edisi Revisi ed., Jakarta: Binarupa Aksara, 2003.
- [8] E Pujiati, D Yuniarti, R Goejantoro, "Peramalan Dengan Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing dari Brown (Studi Kasus: Indeks Harga Konsumen (IHK) Kota Samarinda)," *Jurnal Eksponensial*, vol. 7, 2016.
- [9] R. S. Budianti, "Penggunaan Metode Simpleks Untuk Memaksimalkan Target Sales Pada Penjualan Paket Internet," *Jurnal Riset dan Aplikasi Matematika (JRAM)*, vol. 4, no. 2, pp. 108-114, 2021.
- [10] N. Hani, "Optimasi Produksi dan Keuntungan dalam Produksi T-Shirt Menggunakan Metode Simpleks," *Jurnal Matematika*, vol. 20, no. 2, pp. 27-32, 2021.
- [11] D. Suhaedi, "Analysis of the government district RMTDP using FMD and dematel method," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1613, no. 1, p. 012043, 2020.
- [12] S. F. Fitria, "Aplikasi Rata-rata Data Tunggal," in *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika Ahmad Dahlan 6*, Yogyakarta, 2019.
- [13] D. Andriyani, "Aplikasi Microsoft Excel Dalam Penyelesaian Masalah Rata-rata Data Berkelompok," *Jurnal Matematika*, vol. 18, no. 1, pp. 41-46, 2019.
- [14] L Muflihah; Y Ramdani; E Harahap, "Pengaplikasian teori graf pada analisis jejaring sosial dalam struktur organisasi unisba di bawah pimpinan warek i menggunakan aplikasi microsoft nodexl," in *Prosiding Matematika*, 135-142, Bandung, 2016.

- [15] Sidiq Purnama, Ichi Sukarsih, Erwin Harahap, "Aplikasi Teori Pendukung Keputusan Metode Electre dalam Pemilihan Operator Seluler," *Jurnal Matematika*, vol. 18, no. 2, 2019.
- [16] "Laporan Perkembangan Usaha Tahun 2013-2020," Perumda Air Minum Tirta Raharja, 2021.