



Aplikasi Metode *Exponential Smoothing* Brown dan Pertumbuhan Eksponensial untuk memprediksi Jumlah Penduduk Provinsi Jawa Barat

Eman Lesmana, Agus Supriatna, Riaman

Departemen Matematika FMIPA Universitas Padjadjaran
Email: man.msie@gmail.com, asupriatna55@ymail.com, riaman@gmail.com

Abstrak

Provinsi Jawa Barat dihuni oleh sekitar 47 juta penduduk dan jumlahnya meningkat setiap tahun. Jumlah penduduk yang bertambah akan berdampak pada meningkatnya kebutuhan tempat tinggal, lapangan pekerjaan, dan bahan makanan. Oleh karena itu, prediksi penduduk dibutuhkan agar pemerintah dapat menyusun strategi untuk memenuhi berbagai kebutuhan. Metode *exponential smoothing* Brown dan Metode Pertumbuhan Eksponensial dapat digunakan untuk memprediksi jumlah penduduk provinsi Jawa Barat. Metode Brown digunakan untuk mengantisipasi pemulusan nilai trend yang ada pada data. Sedangkan metode Pertumbuhan Eksponensial digunakan untuk data yang memiliki kecenderungan (trend) perubahan data yang bertambah secara eksponensial. Pada paper ini, data yang digunakan adalah data jumlah penduduk Provinsi Jawa Barat tahun 1998-2015. Dengan melihat perbandingan analisis kesalahan dan uji statistik dari kedua metode, disimpulkan bahwa metode *exponential Growth* menghasilkan prediksi jumlah penduduk Jawa Barat lebih baik dibandingkan metode *exponential smoothing* satu parameter Brown.

Kata Kunci: Penduduk, Prediksi, metoda *exponential smoothing* Brown, Pertumbuhan Eksponensial

1. Pendahuluan

Peramalan merupakan alat bantu yang penting dalam pengambilan keputusan. Peramalan dapat dijadikan pertimbangan dalam perencanaan jangka pendek maupun jangka panjang pada pengendalian persediaan, penjadwalan produksi, penetapan kebijakan ekonomi, dan sebagainya.

Jumlah penduduk memiliki pola data trend naik karena memiliki peningkatan setiap tahunnya. Peningkatan yang terjadi akan berdampak pada berbagai hal, di antaranya bertambahnya kebutuhan makanan, tempat tinggal, ataupun pekerjaan. Lapangan pekerjaan yang kurang dapat mengakibatkan tingginya tingkat pengangguran. Untuk mengatasi peningkatan kebutuhan dalam berbagai aspek, diperlukan suatu prediksi jumlah penduduk agar dapat menentukan strategi-strategi yang dilakukan sehingga kebutuhan tersebut dapat terpenuhi dan perencanaan pembangunan semakin baik.

Prediksi jumlah penduduk yang memiliki pola trend dapat dilakukan dengan metode *exponential smoothing* satu parameter dari Brown dan Metode Pertumbuhan Eksponensial (*Exponential Growth*). Metode Brown merupakan metode pemulusan eksponensial dengan melakukan pembobotan pada data observasi masa lalu. Sedangkan metode

Pertumbuhan Eksponensial adalah metode yang digunakan pada data yang bertambah secara eksponensial.

Pada makalah ini akan dibandingkan hasil prediksi jumlah penduduk Jawa Barat menggunakan metode *exponential smoothing* satu parameter dari Brown dengan metode pertumbuhan eksponensial (*exponential growth*).

2. Metode

Prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data jumlah penduduk Jawa Barat, kemudian dilakukan plotting data untuk melihat pola data masa lalu. Setelah itu dilakukan pemilihan metode peramalan yang sesuai dengan karakteristik data. Kemudian dilakukan *forecast* jumlah penduduk Jawa Barat dengan metode peramalan yang dipilih. Akhirnya hasil *forecast* dari kedua metode tersebut dibandingkan dengan melihat analisis kesalahan MAD (*mean absolute deviation*).

2.1 Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam makalah ini adalah jumlah penduduk Jawa Barat periode tahun 1998 sampai tahun 2015 yang didapat dari BPS Jawa Barat.

2.2 Metode Analisis Data

Metode pemulusan eksponensial tunggal (*Single Exponential Smoothing*) dikembangkan



dari persamaan awal sebagai berikut :

$$F_{t+1} = F_t + \left(\frac{X_t}{N} - \frac{X_{t-N}}{N}\right) \quad (1)$$

dengan : F_t = Nilai ramalan pada waktu t

X_t = data aktual pada awaktu t

N = banyaknya data

Apabila X_{t-N} tidak tersedia, maka diganti dengan suatu pendekatan yaitu nilai ramalan periode sebelumnya F_t . Sehingga persamaan (1) menjadi

$$F_{t+1} = F_t + \left(\frac{X_t}{N} - \frac{F_t}{N}\right) \quad (2)$$

atau

$$F_{t+1} = \left(\frac{1}{N}\right)X_t + \left(1 - \frac{1}{N}\right)F_t \quad (3)$$

Karena nilai N positif maka bobot $\left(\frac{1}{N}\right)$ nilainya

berkisar antara 0 dan 1. Dengan mengganti $\left(\frac{1}{N}\right)$ dengan α maka persamaan (3) menjadi

$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha) F_t \quad (4)$$

Persamaan ini merupakan bentuk umum yang digunakan dalam menghitung ramalan dengan metode pemulusan eksponensial.

Persamaan yang dipakai dalam implementasi peramalan dengan metode exponential smoothing Brown adalah : (Noeryanti, 2012)

pemulusan eksponensial tunggal

$$S'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha) S'_{t-1} \quad (6)$$

pemulusan eksponensial ganda

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha) S''_{t-1} \quad (7)$$

pemulusan trend

$$a_t = S'_t + (S'_t - S''_t) = 2S'_t - S''_t \quad (8)$$

$$b_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha} (S'_t - S''_t) \quad (9)$$

Model ramalan

$$F_{t+m} = a_t + b_t(m) \quad (10)$$

dimana m adalah jumlah periode ke depan yang diramalkan.

Agar dapat menggunakan rumus (6) dan (7), nilai S'_{t-1} dan S''_{t-1} harus ada. Tetapi pada saat $t = 1$, nilai-nilai tersebut tidak tersedia. Sehingga, nilai-nilai ini harus ditentukan pada awal periode. Hal ini dapat dilakukan dengan hanya menetapkan S'_t dan S''_t sama dengan X_t atau menggunakan nilai rata-rata dari beberapa nilai pertama sebagai titik awal.

Laju pertumbuhan eksponensial (*Exponential Growth*) merupakan salah satu cara yang digunakan untuk menghitung laju pertumbuhan penduduk. Metode Pertumbuhan Eksponensial merupakan metode yang memiliki pertumbuhan data yang bertambah secara eksponensial. Rumus pertumbuhan eksponensial adalah sebagai berikut: (Rumbia, 2008)

$$P_t = P_0 \cdot e^{r \cdot t} \quad (11)$$

$$r = \frac{\log P_t - \log P_0}{t \cdot \log e} \quad (12)$$

dengan

P_t : jumlah penduduk pada tahun t

P_0 : jumlah penduduk pada tahun dasar

r : tingkat pertumbuhan penduduk

t : jangka waktu antara P_0 dan P_t

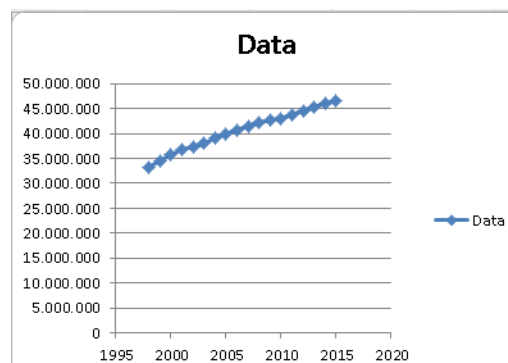
e : bilangan pokok logaritma, besarnya e = 2,718282

3. Hasil dan Pembahasan

Data yang digunakan adalah data jumlah penduduk Provinsi Jawa Barat periode 1998-2015 yang diperoleh dari BPS Jawa Barat (Tabel 1). Selanjutnya diidentifikasi pola datanya (Gambar 1) dan didapat data mempunyai pola trend sehingga untuk peramalan jumlah penduduk Jawa Barat dapat digunakan metode *exponential smoothing* satu parameter dari Brown dan Pertumbuhan Eksponensial (*exponential growth*).

Tabel 1. Jumlah Penduduk Jawa Barat Tahun 1998-2015

Periode	Penduduk	Periode	Penduduk
1998	33.261.409	2008	42.194.809
1999	34.555.622	2009	42.693.951
2000	35.723.473	2010	43.053.732
2001	36.795.565	2011	43.826.775
2002	37.291.946	2012	44.548.431
2003	37.980.422	2013	45.340.799
2004	39.140.812	2014	46.029.668
2005	39.960.869	2015	46.497.175
2006	40.737.594		
2007	41.483.729		



Gambar 1 Ploting jumlah penduduk Jabar 1998-2015



Hasil prediksi jumlah penduduk Jawa Barat dengan metode *exponential smoothing* Brown (persamaan 10) dengan $\alpha = 0,5$ dapat dilihat pada Tabel 2 berikut :

Tabel 2 Prediksi jumlah penduduk Jawa Barat dengan metode *exponential smoothing* Brown

Periode	Xt	S ^t	S ^t	at	bt	Ft+m	error
1998	33.261.409						
1999	34.555.622	33.908.516	33.584.962	34.232.069	323.553		
2000	35.723.473	34.815.994	34.362.255	35.269.734	453.739	34.555.622	1.167.851
2001	36.795.565	35.805.780	35.310.887	36.300.672	494.893	35.723.473	1.072.092
2002	37.291.946	36.548.863	36.177.321	36.920.404	371.542	36.795.565	496.381
2003	37.980.422	37.264.642	36.906.753	37.622.532	357.890	37.291.946	688.476
2004	39.140.812	38.202.727	37.733.685	38.671.770	469.042	37.980.422	1.160.390
2005	39.960.869	39.081.798	38.642.263	39.521.334	439.535	39.140.812	820.057
2006	40.737.594	39.909.696	39.495.747	40.323.645	413.949	39.960.869	776.725
2007	41.483.729	40.696.713	40.309.204	41.090.221	393.508	40.737.594	746.135
2008	42.194.809	41.445.761	41.071.237	41.820.285	374.524	41.483.729	711.080
2009	42.693.951	42.069.856	41.757.808	42.381.903	312.048	42.194.809	499.142
2010	43.053.732	42.561.794	42.315.825	42.807.763	245.969	42.693.951	359.781
2011	43.826.775	43.194.284	42.878.039	43.510.530	316.245	43.053.732	773.043
2012	44.548.431	43.871.358	43.532.821	44.209.894	398.537	43.826.775	721.656
2013	45.340.799	44.606.078	44.238.718	44.973.439	367.360	44.548.431	792.368
2014	46.029.668	45.317.873	44.961.976	45.673.771	355.897	45.340.799	688.869
2015	46.497.175	45.907.524	45.612.699	46.202.350	294.825	46.029.668	467.507
						46.497.175	11.941.553
						MAD	746.347

Dari tabel terlihat bahwa prediksi jumlah penduduk Jawa Barat tahun 2016 adalah 46.497.175 jiwa.

Hasil perhitungan jumlah penduduk Jawa Barat dengan metode Pertumbuhan Eksponensial dimulai dengan mencari nilai rata-rata perubahan jumlah penduduk dengan menggunakan persamaan (12). Setelah diketahui nilai rata-rata r , nilai tersebut digunakan pada persamaan (11) untuk mendapatkan nilai ramalan setiap periodenya. Untuk mencari nilai r setiap periodenya :

$$r_{1999} = \frac{\log\left(\frac{P_{1999}}{P_{1998}}\right)}{t \log \theta} = \frac{\log\left(\frac{34555622}{33261409}\right)}{\log(2,718282)} = 0,0381724$$

$$r_{2000} = \frac{\log\left(\frac{P_{2000}}{P_{1999}}\right)}{t \log \theta} = \frac{\log\left(\frac{35723473}{34555622}\right)}{\log(2,718282)} = 0,0332377$$

$$r_{2001} = \frac{\log\left(\frac{P_{2001}}{P_{2000}}\right)}{t \log \theta} = \frac{\log\left(\frac{36795565}{35723473}\right)}{\log(2,718282)} = 0,0295693$$

Proses perhitungan r dilakukan sampai akhir periode yaitu periode ke-17 (tahun 2015).

Setelah melakukan perhitungan didapat nilai rata-rata dari perubahan jumlah penduduk (r) yaitu 0,0197. Selanjutnya untuk menghitung nilai peramalan tiap periodenya adalah sebagai berikut :

$$P_{1999} = P_{1998} \cdot \theta^{r \cdot t}$$

$$= 33261409 \cdot (2,718282)^{0,0197}$$

$$= 33923156$$

$$P_{2000} = P_{1999} \cdot \theta^{r \cdot t}$$

$$= 34555622 \cdot (2,718282)^{0,0197}$$

$$= 35243117$$

Hasil perhitungan untuk periode-periode berikutnya dapat dilihat selengkapnya pada tabel 3 berikut :

Tabel 3 Prediksi jumlah penduduk Jawa Barat dengan metode *exponential growth*

No	Tahun	Jumlah Penduduk	Bilangan Pythok Logaritma (θ)	Perubahan Jumlah Penduduk (r)	Persentase Perubahan Jumlah Penduduk (%)	(F _t)
1	1998	33.261.409	2,718282	-	-	-
2	1999	34.555.622	2,718282	0,0381724	3,81724	33.923.156
3	2000	35.723.473	2,718282	0,0332377	3,32377	35.243.117
4	2001	36.795.565	2,718282	0,0295693	2,95693	36.434.203
5	2002	37.291.946	2,718282	0,0134001	1,34001	37.527.625
6	2003	37.980.422	2,718282	0,0182934	1,82934	38.033.881
7	2004	39.140.812	2,718282	0,0300949	3,00949	38.736.055
8	2005	39.960.869	2,718282	0,020735	2,0735	39.919.531
9	2006	40.737.594	2,718282	0,0192507	1,92507	40.755.904
10	2007	41.483.729	2,718282	0,0181499	1,81499	41.548.082
11	2008	42.194.809	2,718282	0,0169959	1,69959	42.309.061
12	2009	42.693.951	2,718282	0,01176	1,176	43.034.289
13	2010	43.053.732	2,718282	0,0083917	0,83917	43.543.361
14	2011	43.826.775	2,718282	0,017796	1,7796	43.910.300
15	2012	44.548.431	2,718282	0,016332	1,6332	44.698.723
16	2013	45.340.799	2,718282	0,0176303	1,76303	45.434.737
17	2014	46.029.668	2,718282	0,0150789	1,50789	46.242.869
18	2015	46.497.175	2,718282	0,0101054	1,01054	46.945.443
19	2016					47.422.251

Dari tabel terlihat bahwa prediksi jumlah penduduk Jawa Barat tahun 2016 adalah 47.422.251 jiwa.

Setelah dilakukan perhitungan dengan kedua metode, selanjutnya dilakukan perbandingan analisis kesalahan dan uji statistiknya untuk mengetahui metode terbaik.

Tabel 4 Perbandingan hasil forecast jumlah penduduk Jawa Barat dengan kedua metode

Periode	Xt	met Brown	error	met Growth	error
1998	33.261.409				
1999	34.555.622			33.923.156	632.466
2000	35.723.473	34.555.622	1.167.851	35.243.117	480.356
2001	36.795.565	35.723.473	1.072.092	36.434.203	361.362
2002	37.291.946	36.795.565	496.381	37.527.625	235.679
2003	37.980.422	37.291.946	688.476	38.033.881	53.459
2004	39.140.812	37.980.422	1.160.390	38.736.055	404.757
2005	39.960.869	39.140.812	820.057	39.919.531	41.338
2006	40.737.594	39.960.869	776.725	40.755.904	18.310
2007	41.483.729	40.737.594	746.135	41.548.082	64.353
2008	42.194.809	41.483.729	711.080	42.309.061	114.252
2009	42.693.951	42.194.809	499.142	43.034.289	340.338
2010	43.053.732	42.693.951	359.781	43.543.361	489.629
2011	43.826.775	43.053.732	773.043	43.910.300	83.525
2012	44.548.431	43.826.775	721.656	44.698.723	150.292
2013	45.340.799	44.548.431	792.368	45.434.737	93.938
2014	46.029.668	45.340.799	688.869	46.242.869	213.201
2015	46.497.175	46.029.668	467.507	46.945.443	448.268
				11.941.553	4.225.523

Analisis kesalahan dari kedua metode dilakukan dengan cara menghitung nilai ME(Mean Error), MAE (Mean Absolute Error), SSE (Sum Square



Error), dan MSE (Mean Square Error) dengan rumus sebagai berikut :

$$ME = \frac{\sum (X_t - F_t)}{n} \quad (16)$$

$$MAE = \frac{\sum |X_t - F_t|}{n} \quad (17)$$

$$SSE = \sum (X_t - F_t)^2 \quad (18)$$

$$MSE = \frac{\sum (X_t - F_t)^2}{n} \quad (19)$$

Tabel 5 Perhitungan *forecast error* untuk kedua metode peramalan

Periode	Xt	met Brown	error (e)	met Growth	error	error
1998	33.261.409					
1999	34.555.622			33.923.156	632.466	632.466
2000	35.723.473	34.555.622	1.167.851	35.243.117	480.356	480.356
2001	36.795.563	35.723.473	1.072.092	36.434.203	361.362	361.362
2002	37.291.946	36.795.565	496.381	37.527.625	235.679	-235.679
2003	37.980.422	37.291.946	688.476	38.033.881	53.459	-53.459
2004	39.140.812	37.980.422	1.160.390	38.736.055	404.757	404.757
2005	39.960.869	39.140.812	820.057	39.919.531	41.338	41.338
2006	40.737.594	39.960.869	776.725	40.755.904	18.310	-18.310
2007	41.483.729	40.737.594	746.135	41.548.082	64.353	-64.353
2008	42.194.809	41.483.729	711.080	42.309.061	114.252	-114.252
2009	42.693.951	42.194.809	499.142	43.034.289	340.338	-340.338
2010	43.053.732	42.693.951	359.781	43.543.361	489.629	-489.629
2011	43.826.775	43.053.732	773.043	43.910.300	83.525	-83.525
2012	44.548.431	43.826.775	721.656	44.698.723	150.292	-150.292
2013	45.340.799	44.548.431	792.368	45.434.737	93.938	-93.938
2014	46.029.668	45.340.799	688.869	46.242.869	213.201	-213.201
2015	46.497.175	46.029.668	467.507	46.945.443	448.268	-448.268
			11.941.553		4.225.523	-384.965
		ME	746.347	ME	-24.060	
		MAE	746.347	MAE	264.095	

Dari tabel 5 di atas terlihat bahwa analisis kesalahan dari metode *exponential growth* menunjukkan hasil MAE dan ME lebih kecil dibandingkan dengan metode *exponential smoothing* Brown. Dengan demikian untuk memprediksi jumlah penduduk Jawa Barat metode *exponential growth* memberikan hasil yang lebih baik apabila dibandingkan dengan hasil metode *exponential smoothing* Brown.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perbandingan analisis kesalahan untuk kedua metode yang digunakan pada prediksi jumlah penduduk Jawa barat, maka metode *exponential growth* menunjukkan hasil ramalan yang lebih baik apabila dibandingkan dengan metode *exponential smoothing* Brown.

Daftar Pustaka

1. Bowerman, B. L. and O'Connell, 1993. *Forecasting and Time Series an Applied Approach*. California : Duxbury Press
2. BPS Jawa Barat. 2015. Data Jumlah Penduduk 1998-2015.

3. Brockwell P., Davis R A. 2002. *Introduction to Time Series and Forecasting*. New York Springer-Verlag
4. Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & McGee, V. E. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan, Jilid I*. Jakarta: Binapura Aksara
5. Nazim, A., Afthanorhan, A. 2014. *A Comparison Between Single Exponential Smoothing (SES), Double Exponential Smoothing (DES), Holt's (Brown) and Adaptive Response Rate Exponential Smoothing (ARRES) Techniques in Forecasting Malaysia Population*. Global Journal of Mathematical Analysis. Hal 276-280.
6. Noeryanti, Oktafiani, E., dan Andriyani, F. 2012. *Aplikasi Pemulusan Eksponensial Dari Brown dan Holt Untuk Data yang Memuat Trend*. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III. Yogyakarta
7. Rumbia, A. W. 2008. *Proyeksi Penduduk Berlipat Ganda di Kota Bau-Bau*. Jurnal Ekonomi Pembangunan FE-Unhalu Vol II Tahun I Desember 2008 Hal 1-7