

Peramalan Jumlah Penduduk Kota Samarinda Dengan Menggunakan Metode Pemulusan Eksponensial Ganda dan Tripel Dari Brown

Forecasting the Population of the City of Samarinda by Using Brown's Double and Triple Exponential Smoothing Method

Reyham Nopriadi Gurianto¹, Ika Purnamasari², Desi Yuniarti³

¹Mahasiswa Program Studi Statistika FMIPA Universitas Mulawarman

^{2,3}Dosen Program Studi Statistika FMIPA Universitas Mulawarman

Email: Reyham.ewin91@gmail.com

Abstract

Forecasting is a process or method to predict an event that will occur in the future. Exponential smoothing is a method of moving average forecasting that conduct weighting decreases exponentially toward the value of the older observations. In this study discusses the Brown's double exponential smoothing and Brown's triple exponential smoothing method in predicting the population of the city of Samarinda in 2014, 2015 and 2016 are very necessary for the government to determine the population of the city of Samarinda. Double exponential smoothing method and triple from Brown is a method of extrapolation or by using a time series of past history in making the forecast for the future which used as a guide in decision-making processes. Results obtained using the method of Brown's double exponential smoothing using the parameter alpha of 0,52 was obtained that the forecast of total population in 2014 was 843.653 residents, in 2015 was 898.647 residents, and in 2016 was 944.716 residents with an average value deviation absolute (MAD) is 12.937 and the average -rata absolute percentage error (MAPE) is 2,4548. In the triple exponential smoothing method Brown's using parameters alpha 0,4 obtained results forecast the total population in 2014 was 854.766 residents, in 2015 was 898.647 residents, and in 2016 was 944.716 residents with an average value deviation absolute (MAD) is 14.709 and the average percentage The absolute error (MAPE) is 2,7589.

Keywords MAD, MAPE, Brown's Double Exponential Smoothing Method, Brown's Triple Exponential Smoothing Method.

Pendahuluan

Peramalan adalah suatu hal yang sangat penting dalam era modern saat ini, khususnya dalam mengambil sebuah keputusan (Awat, 1990). Peramalan merupakan alat bantu yang penting dalam perencanaan yang efektif dan efisien. Peramalan merupakan metode yang digunakan untuk memprediksi ketidakpastian masa depan sebagai upaya untuk mengambil suatu keputusan yang lebih baik. Berkembangnya teknik peramalan yang lebih canggih dan seiring dengan kemajuan perangkat lunak computer, membuat teknik peramalan juga semakin banyak dan berkembang sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan (Makridakis, 1993).

Firdaus (2006) menyatakan bahwa metode pemulusan (*smoothing*) diklasifikasikan menjadi dua yaitu metode pemulusan rata-rata (*average*) dan metode pemulusan eksponensial (*exponential smoothing*). Metode pemulusan rata-rata (*average*) merupakan suatu teknik pemulusan berdasarkan rata-rata suatu data deret waktu. Sedangkan untuk pemulusan eksponensial (*exponential smoothing*) merupakan suatu teknik peramalan yang menunjukkan pembobotan secara eksponensial terhadap nilai pengamatan yang lebih lama.

Dalam metode pemulusan eksponensial ganda dari Brown ini dilakukan proses pemulusan dua kali. Metode pemulusan eksponensial ganda dari Brown dapat digunakan untuk meramalkan data yang memiliki pola data *trend*, sama halnya dengan metode pemulusan eksponensial tripel dari Brown yang mengalami tingkat pemulusan tiga kali dan dapat digunakan untuk meramalkan pola data *trend* bahkan pemulusan yang lebih tinggi bilamana pola datanya mengandung unsur *trend* kudratik, kubik dan tingkat yang lebih sulit (Makridakis, Wheelwright dan McGee, 1999).

Peramalan dapat dilakukan pada perkiraan yang didasarkan pada data historis dan pengalaman. Umumnya metode peramalan digunakan dalam bidang ekonomi diantaranya keuangan, tingkat laju inflasi, penduduk dan banyak hal lainnya (Subagyo, 1986). Di era globalisasi sekarang ini perkembangan zaman semakin maju dengan pesat, seiring dengan pertumbuhan penduduk yang begitu cepat.

Penduduk Kota Samarinda dari tahun ke tahun mencatat kenaikan yang cukup berarti. Kota Samarinda merupakan ibu kota provinsi Kalimantan Timur dengan luas wilayah 718.000 Km². Pada tahun 2013, jumlah penduduk Kota Samarinda sebanyak 805.688 jiwa. Kepadatan

penduduk pada setiap kecamatan menggambarkan pola persebaran penduduk secara keseluruhan. Berdasarkan pola persebaran dan luas wilayahnya, terlihat belum merata sehingga terlihat adanya perbedaan kepadatan penduduk yang mencolok antar kecamatan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil ramalan jumlah penduduk Kota Samarinda pada tahun 2014 sampai dengan 2016 dengan menggunakan metode pemulusan eksponensial ganda dan tripel dari brown serta mengetahui nilai MAD dan MAPE dari masing-masing metode.

Konsep Dasar Runtun Waktu

Suatu runtun waktu adalah himpunan observasi berurut dalam dimensi waktu, ataupun dalam dimensi yang lain. Ciri-ciri analisis runtun waktu yang menonjol adalah bahwa deretan observasi dalam suatu variabel dipandang sebagai realisasi dari variabel random yang berdistribusi sama. Runtun waktu terbagi ke dalam dua jenis, yaitu runtun waktu diskrit dan runtun waktu kontinu. Suatu data dikatakan data runtun waktu diskrit apabila observasinya adalah X_t pada waktu $t = 1, 2, 3, \dots, n$. Sedangkan suatu runtun waktu dikatakan data runtun waktu kontinu apabila observasinya bersifat kontinu (terbagi dalam interval). Jika runtun waktu aslinya berupa runtun waktu kontinu, maka masih dapat diperoleh data runtun waktu diskrit dengan cara mengambil observasi pada waktu-waktu tertentu. Cara lain untuk memperoleh runtun waktu waktu diskrit adalah dengan cara mengakumulasikan observasi untuk periode tertentu (Soejati, 1987).

Salah satu aspek terpenting dari pemilihan metode peramalan yang sesuai dari data deret waktu adalah dengan memperlihatkan jenis pola data yang berbeda (Makridakis, Wheelwright dan McGee, 1999). Ada empat jenis pola data yaitu:

1. Pola Horisontal, terjadi bilamana data berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata yang konstan atau stasioner terhadap nilai rata-ratanya.
2. Pola Trend, adalah suatu kecenderungan naik turunnya data dalam waktu tertentu. Pola trend ini berguna untuk membuat ramalan yang diperlukan untuk perencanaan.
3. Pola Siklus, adalah suatu gerak kecenderungan tak beraturan dalam jangka panjang pada suatu frekuensi yang hampir pasti. Gerak siklus ini biasa terdapat dalam hal yang berhubungan dengan bisnis, ekonomi.
4. Pola Musiman, adalah suatu gerak kecenderungan naik turunnya data yang terjadi secara periodik (berulang dalam waktu yang sama).

Peramalan Dengan Metode Pemulusan Eksponensial

Pemulusan eksponensial adalah suatu metode peramalan rata-rata bergerak yang melakukan pembobotan menurun secara eksponensial terhadap nilai observasi yang lebih tua (Makridakis, 1993).

Metode Pemulusan Eksponensial Tunggal

Menurut Makridakis (1993), jika suatu deret data historis X_t untuk $t = 1, 2, 3, \dots, n$ maka data ramalan eksponensial untuk data waktu t adalah F_t . Metode pemulusan eksponensial tunggal dikembangkan dari persamaan rata-rata bergerak tunggal, yaitu sebagai berikut:

$$F_{t+1} = F_t + \left[\frac{X_t}{n} - \frac{X_{t-N}}{n} \right] \tag{1}$$

Bila nilai observasi X_{t-N} tidak tersedia maka harus diganti dengan nilai pendekatannya. Dan salah satu pengganti yang mungkin adalah nilai ramalan periode t , yaitu F_t sehingga diperoleh persamaan :

$$F_{t+1} = F_t + \left[\frac{X_t}{n} - \frac{F_t}{n} \right] \tag{2}$$

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

Jadi nilai ramalan pada waktu $t+1$ tergantung pada pembobotan nilai observasi saat t , yaitu $1/N$ dan pada pembobotan nilai ramalan saat t yaitu $[1-(1/N)]$ bernilai antara 0 dan 1. Bila $1/N = r$ maka diperoleh persamaan :

$$F_{t+1} = r X_t + (1-r) F_t \tag{4}$$

Persamaan (2.) disebut pemulusan eksponensial tunggal. Kesalahan ramalan pada periode t adalah e_t yaitu $X_t - F_t$ (nilai sebenarnya dikurangi nilai ramalan). Jadi persamaan (2) dapat ditulis :

$$F_{t+1} = F_t + (e_t) \tag{5}$$

Metode Pemulusan Eksponensial Ganda dari Brown

Metode pemulusan eksponensial ganda merupakan model linier yang dikemukakan oleh Brown. Model ini sesuai jika data yang ada menunjukkan sifat *trend* atau dipengaruhi unsur *trend*. Dengan cara analogi yang dipakai dari rata-rata bergerak tunggal ke pemulusan eksponensial tunggal kita dapat juga berangkat dari rata-rata bergerak ganda ke pemulusan eksponensial ganda. Perpindahan seperti itu mungkin menarik karena salah satu keterbatasan dari rata-rata bergerak tunggal yaitu perlu menyimpan n nilai terakhir masih terdapat pada rata-rata bergerak linear, kecuali bahwa jumlah nilai data yang diperlukan sekarang adalah $2n-1$. Pemulusan eksponensial linear dapat dihitung hanya dengan tiga nilai data dan satu nilai untuk \dots . Pendekatan ini juga memberikan bobot yang semakin

menurun pada observasi masa lalu. Dengan alasan ini pemulusan linear lebih disukai dari pada rata-rata bergerak linear sebagai suatu metode peramalan dalam berbagai kasus utama (Makridakis, Wheelwright dan McGee, 1999).

Dasar pemikiran dari pemulusan eksponensial linear dari Brown adalah serupa dengan rata-rata bergerak linear, karena kedua nilai pemulusan tunggal dan ganda ketinggalan dari data yang sebenarnya bilamana terdapat unsur *trend*, perbedaan antara nilai pemulusan tunggal dan ganda dapat ditambahkan kepada nilai pemulusan tunggal dan disesuaikan untuk *trend* 1 (Makridakis, 1993). Di dalam metode pemulusan eksponensial ganda dari Brown ini dilakukan proses pemulusan dua kali sebagai berikut :

$$S'_t = rX_t + (1-r)S'_{t-1} \tag{6}$$

$$S''_t = rS'_t + (1-r)S''_{t-1} \tag{7}$$

$$a_t = S'_t + (S'_t - S''_t) = 2S'_t - S''_t \tag{8}$$

$$b_t = \frac{r}{1-r} (S'_t - S''_t) \tag{9}$$

Dimana :

S'_t = Nilai pemulusan eksponensial pertama

S''_t = Nilai pemulusan eksponensial kedua

X_t = Nilai aktual pada periode ke- t

a_t dan b_t = Konstanta pemulusan

= Nilai parameter pemulusan yang besarnya $0 < < 1$

Persamaan yang dipakai dalam implementasi pemulusan eksponensial ganda ditunjukkan oleh persamaan berikut :

$$F_{t+m} = a_t + b_t m \tag{10}$$

Dimana m adalah jumlah periode ke depan yang diramalkan.

Metode Pemulusan Eksponensial Tripel dari Brown

Metode Eksponensial tripel dari Brown merupakan Metode yang menggunakan bentuk pemulusan tiga kali. Adapun kelebihan dari metode ini adalah dalam analisis dilakukan tiga kali pemulusan sehingga diperoleh hasil peramalan yang baik. Sedangkan kelemahan dari metode ini adalah karena pada metode ini dilakukan pemulusan sebanyak tiga kali, jika dalam pemulusan yang pertama salah dalam perhitungan maka untuk selanjutnya akan salah dan mendapatkan hasil pemulusan yang tidak baik (Makridakis, 1993).

Sebagaimana halnya dengan pemulusan eksponensial ganda yang dapat digunakan untuk meramalkan data dengan suatu pola *trend* dasar,

dalam pemulusan eksponensial tripel juga dapat menggunakan pola data *trend*, bahkan dalam bentuk pemulusan yang lebih tinggi dapat digunakan bila dasar pola datanya adalah *trend* kuadratik, kubik, atau-orde yang lebih tinggi. Untuk berangkat dari pemulusan kuadratik, pendekatan dasarnya adalah memasukkan tingkat pemulusan tambahan (pemulusan tripel) dan memberlakukan persamaan peramalan kuadratik (Makridakis, Wheelwright dan McGee, 1999).

Metode ini merupakan peramalan yang dikemukakan oleh Brown. Dengan menggunakan persamaan kuadrat, metode ini lebih cocok jika dipakai untuk membuat peramalan hal yang berfluktuasi atau mengalami gelombang pasang surut. Di dalam metode eksponensial tripel ini dilakukan proses pemulusan tiga kali, sebagai berikut (Makridakis, Wheelwright dan McGee, 1999) :

$$S'_t = rX_t + (1-r)S'_{t-1} \tag{11}$$

$$S''_t = rS'_t + (1-r)S''_{t-1} \tag{12}$$

$$S'''_t = rS''_t + (1-r)S'''_{t-1} \tag{13}$$

$$a_t = 3S'_t - 3S''_t + S'''_t \tag{14}$$

$$b_t = \frac{r}{2(1-r)^2} [(6-5r)S'_t - (10-8r)S''_t + (4-3r)S'''_t] \tag{15}$$

$$c_t = \frac{r^2}{(1-r)^2} [S'_t - 2S''_t + S'''_t] \tag{16}$$

Dimana :

S'_t = Nilai pemulusan eksponensial pertama

S''_t = Nilai pemulusan eksponensial kedua

S'''_t = Nilai pemulusan eksponensial ketiga

a_t , b_t dan c_t = Konstanta pemulusan
= Nilai parameter pemulusan yang besarnya $0 < < 1$

Persamaan yang dibutuhkan kuadratik jauh lebih rumit dari pada persamaan untuk pemulusan tunggal dan linear. Walaupun demikian pendekatannya dalam menyesuaikan nilai ramalan sehingga ramalan tersebut dapat mengikuti perubahan *trend* yang kuadratik adalah sama. Persamaan yang dipakai dalam implementasi pemulusan eksponensial tripel ditunjukkan oleh persamaan berikut :

$$F_{t+m} = a_t + b_t m + \frac{1}{2} c_t m^2 \tag{17}$$

Dimana m adalah jumlah periode ke depan yang diramalkan (Makridakis, Wheelwright dan McGee, 1999).

Penentuan Nilai Awal

Inisialisasi adalah penentuan nilai awal yang digunakan dalam peramalan pemulusan eksponensial. Proses inisialisasi untuk metode pemulusan eksponensial ganda dan tripel dari Brown penetapan nilai awal adalah sebagai

berikut (Makridakis, Wheelwright dan McGee, 1999):

a. Pemulusan eksponensial ganda dari Brown

$$S_1'' = S_1' = X_1 \quad (18)$$

$$a_1 = X_1 \quad (19)$$

$$b_1 = \frac{(X_2 - X_1) + (X_4 - X_3)}{2} \quad (20)$$

b. Pemulusan eksponensial tripel dari Brown

$$S_1''' = S_1'' = S_1' = X_1 \quad (21)$$

$$a_1 = X_1 \quad (22)$$

$$b_1 = \frac{(X_2 - X_1) + (X_3 - X_2) + (X_4 - X_3)}{3} \quad (23)$$

$$c_1 = \frac{X_3 - X_1}{2} \quad (24)$$

Penentuan Nilai Parameter

Penentuan parameter () pada metode pemulusan eksponensial dari Brown nilai parameter ini di dalam praktek hanya mengambil kisaran nilai yang terbatas, walaupun secara teoritis dapat dianggap bernilai antara 0 dan 1 yang besar kecil nilainya mempengaruhi seluruh proses peramalan. Cara menentukan nilai parameter terbaik dapat dilakukan dengan menggunakan *trial and error* (Makridakis, Wheelwright dan McGee, 1999).

Pengukuran Ketepatan Dalam Model Peramalan

ketepatan model peramalan dapat dihitung dengan menggunakan MAD dan MAPE untuk mengukur ketepatan model peramalan tersebut (Makridakis, Wheelwright dan McGee, 1999).

a. *Mean Absolute deviasi* (MAD) adalah rata-rata penyimpangan absolut yang mengukur keakuratan ramalan melalui rata-rata keadaan galat ramalan atau nilai absolut setiap galat. Rata-rata penyimpangan absolut dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut.

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |X_t - F_t| \quad (25)$$

Dimana

X_t = nilai aktual pada periode ke-t

F_t = nilai ramalan pada periode ke-t

n = banyaknya pengamatan

b. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) adalah rata-rata persentase kesalahan absolut yang dihitung dengan mencari nilai absolut galat di setiap periode, kemudian membaginya dengan nilai pengamatan aktual dan kemudian absolut galat persentase. Rata-rata persentase kesalahan absolut dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut.

$$MAPE = \frac{1}{n} \left(\sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t} \right) \times 100\% \quad (26)$$

Dimana

X_t = nilai aktual pada periode ke-t

F_t = nilai ramalan pada periode ke-t

n = banyaknya pengamatan

Penduduk

Penduduk adalah orang yang mendiami suatu wilayah tertentu, menetap dalam suatu wilayah, tumbuh dan berkembang dalam wilayah tertentu. Penduduk menurut Purba (2002) adalah orang yang matranya sebagai diri pribadi, anggota keluarga, anggota masyarakat, warga negara dan himpunan kuantitas yang bertempat tinggal di suatu tempat dalam batas wilayah negara pada waktu tertentu. Tingginya pertumbuhan penduduk disebabkan karena hubungan kelamin antara laki-laki dan perempuan tidak bisa dihentikan. Di samping itu, manusia untuk hidup memerlukan bahan makanan, sedangkan laju pertumbuhan bahan makanan jauh lebih lambat dibandingkan dengan laju pertumbuhan penduduk. Apabila tidak diadakan pembatasan terhadap pertumbuhan penduduk, maka manusia akan mengalami kekurangan bahan makanan. Inilah sumber dari kemelaratan dan kemiskinan manusia.

Metode Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Jumlah Penduduk Kota Samarinda Provinsi Kalimantan Timur yang bersumber dari data dokumentasi hasil lapangan Kota Samarinda. Variabel penelitian yang digunakan adalah jumlah penduduk Kota Samarinda tahun 1985 sampai dengan tahun 2013 yang merupakan rekapitulasi data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Samarinda.

Adapun teknik analisis data dalam penelitian ini adalah:

1. Membuat *Scatter Diagram*

Untuk melihat pola data penduduk Kota Samarinda dari data *time series* yang ada, dilakukan dengan menggambarkan suatu diagram yang dinamakan "*scatter diagram*".

2. Pemulusan eksponensial ganda dari Brown, adapun langkah-langkah dari pemulusan eksponensial ganda dari Brown adalah :

a. Penentuan Nilai Parameter

Pada tahap ini adalah menentukan nilai parameter yang digunakan sebagai konstanta dalam pemulusan eksponensial ganda dari Brown.

b. Perhitungan Nilai Pemulusan

Pada perhitungan nilai pemulusan ditentukan nilai awal terlebih dahulu dengan menggunakan persamaan (18), (19) dan (20), kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari nilai pemulusan eksponensial ganda

- dari Brown dengan menggunakan kedua persamaan (6) dan (7). Kemudian nilai konstanta untuk model peramalan yaitu dengan persamaan (8) dan (9).
- c. Pengukur Kesalahan Ramalan
Ukuran kesalahan yang digunakan untuk melihat ketelitian pada penelitian ini adalah MAD dan MAPE, dihitung berdasarkan persamaan (25) dan (26).
3. Pemulusan eksponensial tripel dari Brown, adapun langkah-langkah dari pemulusan eksponensial tripel dari brown adalah :
 - a. Penentuan Nilai Parameter
Pada tahap ini adalah menentukan nilai parameter yang digunakan sebagai konstanta dalam pemulusan eksponensial ganda dari Brown.
 - b. Perhitungan Nilai Pemulusan
Pada perhitungan nilai pemulusan ditentukan nilai awal terlebih dahulu dengan menggunakan persamaan (21), (22), (23) dan (24), kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari nilai pemulusan eksponensial tripel dari Brown dengan menggunakan persamaan (11), (12) dan (13). Kemudian nilai konstanta untuk model peramalan yaitu dengan persamaan (14), (15) dan (16).
 - c. Pengukur Kesalahan Ramalan
Ukuran kesalahan yang digunakan untuk melihat ketelitian pada penelitian ini adalah MAD dan MAPE, dihitung berdasarkan persamaan (25) dan (26).
 4. Peramalan pemulusan eksponensial ganda dan tripel dari Brown
Setelah dianalisis dengan menggunakan metode pemulusan eksponensial, maka akan dilakukan ramalan untuk tahun 2014, 2015 dan 2016. Ramalan untuk masa yang akan datang pada metode pemulusan eksponensial ganda dari Brown dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (10) dan ramalan untuk metode pemulusan eksponensial tripel dari Brown dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (17)

Hasil dan Pembahasan

Tabel 1. Data Penduduk Kota Samarinda Tahun 1985 sampai dengan 2013

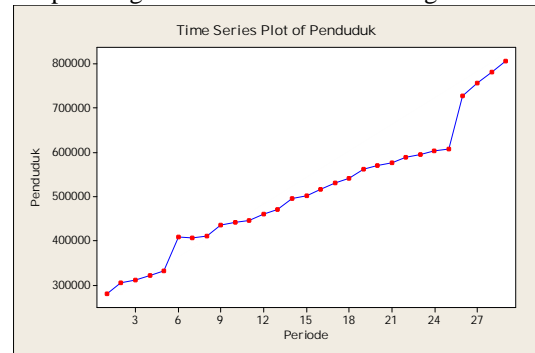
No	Tahun	Penduduk
1	1985	279.986
2	1986	305.395
3	1987	311.194
4	1988	321.657
5	1989	332.209
6	1990	407.339
7	1991	406.435
8	1992	410.710
9	1993	436.025

Tabel 1. Data Penduduk Kota Samarinda Tahun 1985 sampai dengan 2013 (Lanjutan)

No	Tahun	Penduduk
10	1994	440.329
11	1995	444.698
12	1996	459.153
13	1997	470.037
14	1998	494.134
15	1999	501.819
16	2000	516.619
17	2001	529.767
18	2002	539.726
19	2003	561.471
20	2004	569.004
21	2005	576.047
22	2006	588.135
23	2007	593.827
24	2008	602.117
25	2009	607.675
26	2010	727.500
27	2011	755.630
28	2012	781.184
29	2013	805.688

Membuat Scatter Diagram

Adapun hasil analisis data peramalan adalah membuat data tersebut secara grafik. Pada data penduduk Kota Samarinda pada tahun 1985 sampai dengan tahun 2013 adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Grafik Data Penduduk Kota Samarinda

Pada Gambar 4.1 juga menunjukkan bahwa pada periode pertama tahun 1985 sampai dengan periode ke dua puluh sembilan tahun 2013 memiliki penduduk yang cenderung meningkat dari tahun ke tahun, sehingga data tersebut memiliki pola data *trend* naik pada penduduk Kota Samarinda, sehingga dapat disimpulkan penduduk Kota Samarinda tersebut dapat digunakan dalam peramalan dengan menggunakan metode pemulusan eksponensial ganda dan tripel dari Brown.

Metode Eksponensial Ganda dari Brown

Pada penelitian ini penulis menggunakan menggunakan *software* Excel, dimana nilai konstanta parameter menggunakan *trial and error* untuk mendapatkan nilai MAD dan MAPE terkecil. Adapun hasil perhitungan untuk nilai dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Ringkasan Nilai MAD dan MAPE Untuk = 0,1 s/d 0,9

No		MAD	MAPE
1	0,1	49.855	9,7992
2	0,2	22.590	4,3928
3	0,3	16.533	3,1688
4	0,4	13.702	2,6328
5	0,5	12.951	2,4607
6	0,6	13.102	2,4878
7	0,7	14.811	2,8020
8	0,8	16.256	3,0919
9	0,9	17.516	3,3606

Berdasarkan Tabel 2 diperoleh nilai MAD dan MAPE terkecil yaitu dengan nilai = 0,5. Selanjutnya akan dilakukan pencarian nilai MAD dan MAPE terkecil pada = 0,51 sampai dengan = 0,59. Adapun hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Ringkasan Nilai MAD dan MAPE Untuk = 0,51 s/d 0,59

No		MAD	MAPE
1	0,51	12.937	2,4559
2	0,52	12.937	2,4548
3	0,53	12.946	2,4560
4	0,54	12.960	2,4589
5	0,55	12.972	2,4618
6	0,56	12.979	2,4640
7	0,57	12.981	2,4658
8	0,58	12.983	2,4678
9	0,59	12.989	2,4706

Berdasarkan Tabel 3 diperoleh nilai MAD dan MAPE terkecil yaitu dengan nilai = 0,52, di mana nilai MAD dan MAPE pada = 0,52 lebih kecil dari pada nilai MAD dan MAPE pada = 0,5. Selanjutnya akan dilakukan pencarian nilai MAD dan MAPE terkecil pada = 0,521 sampai = 0,529. Adapun hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Ringkasan Nilai MAD dan MAPE Untuk = 0,521 s/d 0,529

No		MAD	MAPE
1	0,521	12.938	2,4549
2	0,522	12.939	2,4551
3	0,523	12.940	2,4552
4	0,524	12.941	2,4553

Tabel 4. Ringkasan Nilai MAD dan MAPE Untuk = 0,521 s/d 0,529 (Lanjutan)

No		MAD	MAPE
5	0,525	12.942	2,4554
6	0,526	12.943	2,4555
7	0,527	12.944	2,4557
8	0,528	12.944	2,4558
9	0,529	12.945	2,4559

Setelah dilakukan uji coba terhadap beberapa nilai , maka diperoleh nilai MAD dan MAPE terkecil yaitu tetap pada nilai = 0,52, karena pada nilai = 0,521 sampai = 0,529 tetap memiliki nilai MAD dan MAPE yang lebih besar dari pada nilai MAD dan MAPE pada = 0,52.

Perhitungan Nilai Pemulusan

Pada perhitungan nilai pemulusan ditentukan nilai awal terlebih dahulu dengan cara pendekatan untuk menaksir dengan menggunakan persamaan (18), (19) dan (20). Sehingga diperoleh nilai awal periode pertama sebagai berikut :

Penentuan nilai awal pemulusan S_1' dan S_1'' .

$$S_1'' = S_1' = X_1$$

$$S_1'' = S_1' = 279.986$$

Penentuan nilai awal kontanta a_1 .

$$a_1 = X_1 = 279.986$$

Penentuan nilai awal kontanta b_1 .

$$b_1 = \frac{(X_2 - X_1) + (X_4 - X_3)}{2} = \frac{(305.395 - 279.986) + (321.657 - 311.194)}{2} = 17.936$$

Setelah diperoleh nilai awal, maka nilai tersebut digunakan untuk perhitungan pemulusan yang terdiri dari pemulusan pertama dan pemulusan kedua. Pada pemulusan pertama dapat menggunakan persamaan (6).

Perhitungan nilai S_t' untuk periode kedua adalah :

$$S_2' = rX_2 + (1 - r)S_1' = (0,52 \times 305.395) + (1 - 0,52) \times 279.986 = 293.198,7$$

Seterusnya perhitungan sampai dengan S_{29}' .

$$S_{29}' = rX_{29} + (1 - r)S_{28}' = (0,52 \times 805.688) + (1 - 0,52) \times 748.487,3 = 778.231,6$$

Setelah diperoleh nilai pemulusan pertama maka dilanjutkan pada perhitungan pemulusan kedua dengan menggunakan persamaan (7).

Perhitungan nilai S_2'' untuk periode kedua adalah:

$$S_2'' = rS_2' + (1-r)S_1''$$

$$= (0,52 \times 293.198,7) + (1 - 0,52) \times 279.986$$

$$= 286.856,6$$

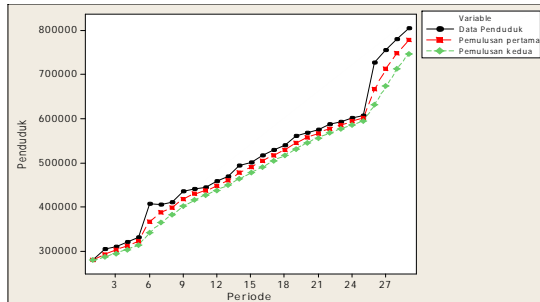
Seterusnya perhitungan sampai dengan S_{29}'' .

$$S_{29}'' = rS_{29}' + (1-r)S_{28}''$$

$$= (0,52 \times 778.231,6) + (1 - 0,52) \times 712.810,2$$

$$= 746.829,3$$

Setelah didapat hasil perhitungan pemulusan pertama dan kedua, maka dapat disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Pemulusan Pertama dan Kedua pada Metode Pemulusan Eksponensial Ganda dari Brown

Setelah diperoleh nilai pemulusan kemudian analisis akan dihitung nilai konstanta untuk model peramalan dengan menggunakan persamaan (8). Perhitungan nilai konstanta a_2 untuk periode kedua adalah :

$$a_2 = 2S_2' - S_2''$$

$$= 2 \times 293.198,7 - 286.856,6$$

$$= 299.540,8$$

Seterusnya perhitungan sampai dengan a_{29} .

$$a_{29} = 2S_{29}' - S_{29}''$$

$$= 2 \times 778.231,6 - 746.829,3$$

$$= 809.634$$

Kemudian ditentukan nilai konstanta untuk b_t dengan menggunakan persamaan (9). Perhitungan nilai konstanta b_2 untuk periode kedua adalah :

$$b_2 = \frac{S_2' - S_2''}{1 - r}$$

$$= \frac{0,52}{1 - 0,2} (293.198,7 - 286.856,6)$$

$$= 6.870,6$$

Seterusnya perhitungan sampai dengan b_{29} .

$$b_{29} = \frac{S_{29}' - S_{29}''}{1 - r}$$

$$= \frac{0,52}{1 - 0,52} (778.231,6 - 746.829,3)$$

$$= 34.019$$

Ketepatan Model Peramalan

Ukuran kesalahan yang digunakan penulis pada penelitian ini adalah *Mean Absolute Deviasi* (MAD) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Akurasi peramalan akan semakin tinggi apabila nilai MAD dan MAPE semakin kecil dengan $r = 0,52$ diperoleh nilai MAD terkecil yaitu :

1. *Mean Absolute Deviasi* (MAD) dengan Menggunakan persamaan (25) adalah :

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |X_t - F_t|$$

$$MAD = \frac{1}{28} \times 362.248$$

$$MAD = 12.937$$

2. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dengan menggunakan persamaan (26) adalah:

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

$$MAPE = \frac{1}{28} \times 68,7344$$

$$MAPE = 2,4548$$

Metode Eksponensial Tripel dari Brown

Pada penelitian ini penulis menggunakan parameter menggunakan *trial error* mana yang menghasilkan ukuran kesalahan peramalan yang kecil. Adapun hasil perhitungan untuk nilai dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Ringkasan nilai MAD dan MAPE untuk $r = 0,1$ s/d $0,9$

No		MAD	MAPE
1	0,1	27.575	5,4838
2	0,2	18.611	3,5764
3	0,3	14.898	2,8304
4	0,4	14.709	2,7589
5	0,5	17.454	3,2655
6	0,6	19.410	3,6618
7	0,7	20.750	3,9463
8	0,8	24.018	4,6341
9	0,9	30.370	5,8823

Berdasarkan Tabel 5 diperoleh nilai MAD dan MAPE terkecil yaitu dengan nilai $r = 0,4$. Selanjutnya akan dilakukan pencarian nilai MAD dan MAPE terkecil pada $r = 0,41$ sampai dengan $r = 0,49$. Adapun hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Ringkasan nilai MAD dan MAPE untuk = 0,41 s/d 0,49

No		MAD	MAPE
1	0,41	14.920	2.7919
2	0,42	15.220	2.8456
3	0,43	15.501	2.8955
4	0,44	15.762	2.9419
5	0,45	16.030	2.9908
6	0,46	16.339	3,0499
7	0,47	16.636	3,1067
8	0,48	16.923	3,1621
9	0,49	17.196	3,2150

Setelah dilakukan uji coba terhadap beberapa nilai , maka diperoleh nilai dengan nilai MAD dan MAPE terkecil yaitu tetap pada = 0,4, karena nilai = 0,41 sampai = 0,49 tetap memiliki nilai MAD dan MAPE yang lebih besar dari pada = 0,4.

Perhitungan Nilai Pemulusan

Pada perhitungan nilai pemulusan ditentukan nilai awal terlebih dahulu dengan cara pendekatan untuk menaksir dengan menggunakan persamaan (21) sampai (24). Sehingga diperoleh nilai awal periode pertama sebagai berikut :

Penentuan nilai awal pemulusan S_1', S_1'' dan S_1''' .

$$S_1''' = S_1'' = S_1' = X_1$$

$$S_1''' = S_1'' = S_1' = 279.986$$

Penentuan nilai awal Konstanta a_1

$$a_1 = X_1 = 279.986$$

Penentuan nilai awal konstanta b_1 .

$$b_1 = \frac{(X_2 - X_1) + (X_3 - X_2) + (X_4 - X_3)}{3} = \frac{(305.395 - 279.986) + (311.194 - 305.395) + (321.657 - 311.194)}{3} = 13.890$$

Penentuan nilai awal konstanta c_1

$$c_1 = \frac{X_3 - X_1}{2} = \frac{311.194 - 279.986}{2} = 15.604$$

Setelah diperoleh nilai awal, maka nilai tersebut digunakan untuk perhitungan nilai pemulusan eksponensial tripel dari Brown pada = 0,4 maka akan dihitung nilai pemulusan pertama, pemulusan kedua dan pemulusan ketiga. Pada pemulusan pertama dapat menggunakan persamaan (11). Perhitungan nilai S_1' untuk periode kedua adalah :

$$S_2' = rX_2 + (1-r)S_1'$$

$$= 0,4 \times 305.395 + (1 - 0,4) \times 279.986 = 290.149,6$$

Seterusnya perhitungan sampai dengan S_{29}' .

$$S_{29}' = rX_{29} + (1-r)S_{28}' = 0,4 \times 805.688 + (1 - 0,4) \times 727.438,6 = 758.738,4$$

Setelah diperoleh nilai pemulusan pertama maka dilanjutkan pada perhitungan pemulusan kedua dengan menggunakan persamaan (12).

Perhitungan nilai S_2'' untuk periode kedua adalah:

$$S_2'' = rS_2' + (1-r)S_1'' = 0,4 \times 290.149,6 + (1 - 0,4) \times 279.986 = 284.051,4$$

Seterusnya perhitungan sampai dengan S_{29}'' adalah :

$$S_{29}'' = rS_{29}' + (1-r)S_{28}'' = 0,4 \times 758.738,4 + (1 - 0,4) \times 676.386,5 = 709.327,2$$

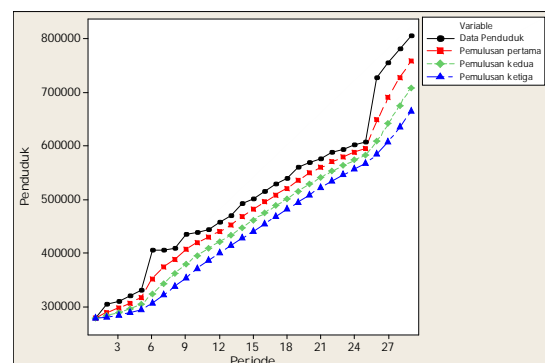
Setelah diperoleh nilai pemulusan pertama dan kedua maka dilanjutkan pada perhitungan pemulusan ketiga dengan menggunakan persamaan (13). Perhitungan nilai S_2''' untuk periode kedua adalah :

$$S_2''' = rS_2'' + (1-r)S_1''' = 0,4 \times 284.051,4 + (1 - 0,4) \times 279.986 = 281.612,2$$

Seterusnya perhitungan sampai dengan S_{29}''' .

$$S_{29}''' = rS_{29}'' + (1-r)S_{28}''' = 0,4 \times 709.327,2 + (1 - 0,4) \times 635.180,5 = 664.839,2$$

Setelah didapat hasil perhitungan pemulusan pertama, kedua dan ketiga, maka dapat disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Pemulusan Pertama, Kedua dan ketiga pada Metode Pemulusan Eksponensial Tripel dari Brown

Setelah diperoleh nilai pemulusan kemudian analisis akan dihitung nilai konstanta untuk model peramalan dengan menggunakan persamaan (14).

Perhitungan nilai konstanta a_2 untuk periode kedua adalah :

$$a_2 = 3S_2' - 3S_2'' + S_2''' \\ = 3 \times 290.149,6 - 3 \times 284.051,4 + 281.612,2 \\ = 299.906,7$$

Seterusnya perhitungan sampai dengan a_{29}

$$a_{29} = 3S_{29}' - 3S_{29}'' + S_{29}''' \\ = 3 \times 758.738,4 - 3 \times 709.327,2 + 664.839,2 \\ = 813.072,7$$

Kemudian ditentukan nilai konstanta untuk b_t dengan menggunakan persamaan (15). Perhitungan nilai konstanta b_2 untuk periode kedua adalah :

$$b_2 = \frac{r}{2(1-r)^2} [(6-5r)S_2' - (10-8r)S_2'' + (4-3r)S_2'''] \\ = 9.757,1$$

Seterusnya perhitungan sampai dengan b_{29} .

$$b_{29} = \frac{r}{2(1-r)^2} [(6-5r)S_{29}' - (10-8r)S_{29}'' + (4-3r)S_{29}'''] \\ = 40.599$$

Kemudian ditentukan nilai konstanta untuk c_t dengan menggunakan persamaan (16). Perhitungan nilai konstanta c_2 untuk periode kedua adalah :

$$c_2 = \frac{r^2}{(1-r)^2} [S_2' - 2S_2'' + S_2'''] \\ = \frac{0,4^2}{(1-0,4)^2} [290.149,6 - 2 \times 284.051,4 + 281.612,2] \\ = 1.626$$

Seterusnya perhitungan sampai dengan c_{29}

$$c_{29} = \frac{r^2}{(1-r)^2} [S_{29}' - 2S_{29}'' + S_{29}'''] \\ = \frac{0,4^2}{(1-0,4)^2} [758.738,4 - 2 \times 709.327,2 + 664.839,2] \\ = 2.188$$

Ketepatan Model Peramalan

Ukuran kesalahan yang digunakan penulis pada penelitian ini adalah *Mean Absolute Deviasi (MAD)* dan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*.

1. Nilai MAD menggunakan persamaan (25) adalah :

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |X_t - F_t|$$

$$MAD = \frac{1}{28} \times 411858$$

$$MAD = 14.709$$

2. Nilai MAPE menggunakan persamaan (26) adalah :

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

$$MAPE = \frac{1}{28} \times 77,2499$$

$$MAPE = 2,7589$$

Peramalan Metode Pemulusan Eksponensial Ganda dan Tripel dari Brown

1. Peramalan Metode Pemulusan eksponensial Ganda Dari Brown

Nilai ramalan untuk tahun 2014, 2015 dan 2016 atau didefinisikan dalam periode data yaitu 30, 31, dan 32. Adapun hasil ramalan yang diperoleh adalah :

Ramalan periode 30 dimana $m=1$ yaitu untuk tahun 2014 :

$$F_{29+1} = a_{29} + b_{29}m$$

$$F_{30} = 809.634 + 34.019 \times 1 \\ = 843.653,1 \approx 843.653$$

Ramalan periode 31 dimana $m=2$ yaitu untuk tahun 2015 :

$$F_{29+2} = a_{29} + b_{29}m$$

$$F_{31} = 809.634 + 34.019 \times 2 \\ = 877.672,3 \approx 877.672$$

Ramalan periode 32 dimana $m=3$ yaitu untuk tahun 2016 :

$$F_{29+3} = a_{29} + b_{29}m$$

$$F_{32} = 809.634 + 34.019 \times 3 \\ = 911.691,5 \approx 911.691$$

2. Peramalan Metode Pemulusan Eksponensial Tripel dari Brown

Nilai ramalan untuk 2014, 2015 dan 2016 atau didefinisikan dalam periode data yaitu 30, 31, dan 32. Adapun hasil ramalan yang diperoleh adalah :

Ramalan periode 30 dimana $m=1$ yaitu untuk tahun 2014 :

$$F_{29+1} = a_{29} + b_{29}m + \frac{1}{2} c_{29}m^2$$

$$F_{30} = 813.072,7 + (40.599 \times 1) + \frac{1}{2} \times 2.188 \times 1^2 \\ = 854.765,7 \approx 854.766$$

Ramalan periode 31 dimana $m=2$ yaitu untuk tahun 2015 :

$$F_{29+2} = a_{29} + b_{29}m + \frac{1}{2} c_{29}m^2$$

$$F_{31} = 813.072,7 + (40.599 \times 2) + \frac{1}{2} \times 2.188 \times 2^2 \\ = 898.646,7 \approx 898.647$$

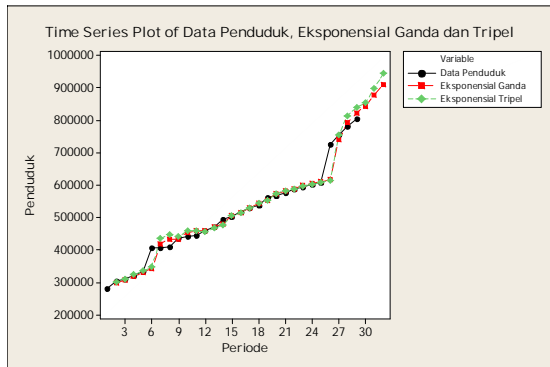
Ramalan periode 32 dimana $m=3$ yaitu untuk tahun 2016 :

$$F_{29+3} = a_{29} + b_{29}m + \frac{1}{2} c_{29}m^2$$

$$F_{32} = 813.072,7 + (40.599 \times 3) + \frac{1}{2} \times 2.188 \times 3^2$$

$$= 944.715,8 \approx 944.716$$

Setelah didapat hasil perhitungan peramalan untuk 3 periode ke depan pada metode pemulusan eksponensial ganda dan tripel dari Brown, maka dapat disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4:



Gambar 4.6. Grafik Data Peramalan Penduduk Kota Samarinda dengan Menggunakan Metode Pemulusan Eksponensial Ganda dan Tripel dari Brown

Setelah mendapatkan peramalan dengan menggunakan metode pemulusan eksponensial ganda dan tripel dari Brown, maka diperoleh residual, berikut hasil perhitungan ketepatan model peramalan MAD dan MAPE pada metode pemulusan eksponensial ganda dan tripel dari Brown, disajikan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Nilai Ketepatan Model Peramalan

Metode	MAD	MAPE
Pemulusan Eksponensial Ganda dari Brown	12.937	2,4548
Pemulusan Eksponensial Tripel dari Brown	14.709	2,7589

Dengan demikian untuk peramalan Penduduk Kota samarinda lebih tepat menggunakan metode pemulusan eksponensial ganda dari Brown untuk Penduduk Kota Samarinda, karena menghasilkan nilai MAD dan MAPE yang lebih kecil dibandingkan MAD dan MAPE yang dihasilkan pada metode pemulusan eksponensial tripel dari Brown.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Jumlah penduduk Kota Samarinda dengan menggunakan metode pemulusan eksponensial ganda dari Brown dengan optimal sebesar 0,52 dengan jumlah penduduk pada tahun 2014 adalah 843.653 jiwa, tahun 2015 adalah 877.672 jiwa, dan

tahun 2016 adalah 911.691 jiwa. Sedangkan Untuk Jumlah penduduk Kota Samarinda menggunakan metode pemulusan eksponensial tripel dari Brown dengan optimal sebesar 0,4 dengan jumlah penduduk Kota Samarinda pada tahun 2014 adalah 854.766 jiwa, tahun 2015 adalah 898.647 jiwa, dan tahun 2016 adalah 944.716 jiwa.

2. Peramalan jumlah penduduk Kota Samarinda dengan menggunakan metode pemulusan ganda dari Brown menghasilkan nilai ketepatan peramalan MAD (12.937) dan MAPE (2,4548). Sedangkan dengan metode pemulusan eksponensial tripel dari Brown menghasilkan nilai ketepatan peramalan MAD (14.709) dan MAPE (2,7589). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa peramalan pada Kota Samarinda dengan metode pemulusan eksponensial ganda dari Brown menghasilkan nilai MAD dan MAPE lebih kecil daripada metode pemulusan eksponensial tripel dari Brown.

Daftar Pustaka

Awat, N. J. 1990. *Metode Peramalan Kuantitatif*. Yogyakarta: Liberty.

Firdaus, M., 2006. *Analisis Deret Waktu Satu Ragam*. Bogor : IPB.

Makridakis, Spyros. 1993. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Makridakis, S., Wheelwright, S.C., & McGee, V.E. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan, Jilid 1 Edisi Revisi* (terj.), Alih Bahasa: Hari Suminto. Jakarta: Binarupa Aksara.

Subagyo, Pangestu 1986 *Forecasting Konsep dan Aplikasi*. Yogyakarta: BPFE Yogyakarta

Purba, Jonny (ed).2002. *Pengelolaan Lingkungan Sosial*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia

Soejati, Zanzawi. 1987. *Analisis Runtun Waktu*. Jakarta: Penerbit Kanunika Universitas Terbuka.