

Forecasting of winter's exponential smoothing using non-linear programming algorithm

Agustini Tripena¹

¹Program Studi Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

Penulis Korespondensi : Agustini Tripena (e-mail: tripena1960@gmail.com)

ABSTRAK

Peramalan *Winter's exponential smoothing* (WES) *multiplicative* dapat digunakan apabila nilai parameter *level* (α^*), *trend* (γ^*), dan musiman (δ^*) telah diperoleh dengan ukuran kesalahan terkecil. Untuk mendapatkan α^* , γ^* , dan δ^* biasanya diperoleh menggunakan metode coba dan salah (*trial and error*). Algoritma *non-linear programming* dapat digunakan untuk memperoleh α^* , γ^* , dan δ^* . Pada artikel ini difokuskan menggunakan algoritma kuadratis untuk memperoleh α^* , γ^* , δ^* , sehingga diperoleh hasil peramalan WES. Proses untuk memperoleh α^* , γ^* , δ^* dengan algoritma kuadratis dengan *software* SPSS diperoleh α^* sebesar 0,05000, γ^* sebesar 0,00000, dan δ^* sebesar 0,02900. Proses selanjutnya menentukan hasil peramalan WES data pendapatan Kabupaten Tegal tahun 1981-2011 diperoleh hasil peramalan 5 tahun ke depan (tahun 2012-2016) adalah Rp 386.901.811.018,13, Rp 393.361.659.799,84, Rp 399.335.147.151,67, Rp 404.859.870.667,20, dan Rp 409.970.521.748,95. Peramalan pendapatan Kabupaten Tegal 5 tahun ke depan dikatakan optimal, dikarenakan α^* , γ^* , δ^* memiliki *forecasting error* terkecil dengan nilai MAPE sebesar 72,7360.

Kata Kunci : peramalan, WES *multiplicative*, *non-linear programming*

1. PENDAHULUAN

Peramalan (*forecasting*) adalah suatu teknik memperkirakan nilai pada masa yang akan datang dengan memperhatikan data masa lalu maupun data saat ini (Aswi dan Sukarna, 2006:2).

Ai (1999:139) mempelajari beberapa jenis peramalan yaitu konstan, kuadratik, *exponential smoothing*, *single exponential smoothing*, *double exponential smoothing*, *Winter's exponential smoothing*, dan *autoregressive integrated moving average* (ARIMA).

Peramalan yang dikaji fokus pada *Winter's exponential smoothing* (WES). WES didasarkan atas tiga unsur pemulusan yaitu unsur stasioner, unsur *trend*, dan unsur musiman. Menurut efek musimannya WES mengacu pada klasifikasi *Pegels* yaitu suatu metode yang menangani *trend* aditif (*linear*) dan musiman multiplikatif (*non-linear*). WES telah digunakan dalam berbagai bidang ilmu, diantaranya ekonomi, keuangan, riset operasional, administrasi negara, kependudukan, dan pendidikan (Aswi dan Sukarna, 2006:1). WES dapat digunakan untuk *forecasting* hampir segala jenis data stasioner atau non-stasioner, WES menjadi alternatif penyelesaian peramalan pada faktor musiman secara langsung (Makridakis, 1992:96).

Ai (1999:139) mempelajari algoritma *non-linear programming* (NLP). Algoritma NLP dalam peramalan digunakan untuk menentukan hasil peramalan terbaik dengan tingkat *error* terkecil. Ai (1999:142) mempelajari berbagai macam algoritma NLP antara lain algoritma pencarian seragam, algoritma *golden section*, algoritma kuadratis, dan algoritma turunan pertama. Algoritma NLP yang dikaji difokuskan pada algoritma kuadratis.

Aplikasi peramalan berkaitan dengan perekonomian daerah yang terkait dengan pendapatan (*income*) dan pengeluaran (*outcome*) daerah merupakan target penelitian. Sumber data pendukung kajian ini adalah data pendapatan daerah Kabupaten Tegal tahun 1981-2011. Adapun tujuan penelitian adalah mendapatkan peramalan WES menggunakan algoritma NLP untuk mendapatkan parameter optimal. Hal ini karena penentuan parameter pada peramalan merupakan hal mendasar untuk diselesaikan dalam upaya menentukan penggunaan metode yang dikehendaki.

2. BAHAN DAN METODE

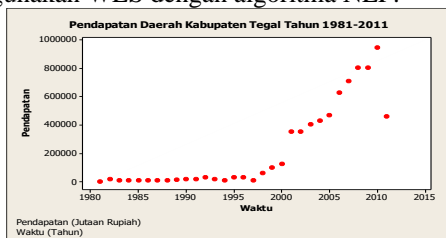
Peramalan diawali dengan membuat *plot* data menggunakan *Minitab* selanjutnya menguji normalitas data, menguji asumsi analisis regresi, mendapatkan

parameter optimal menggunakan algoritma kuadratis dengan bantuan SPSS, meramalkan pendapatan tahun 1982-2016 dengan metode WES, mendapatkan *error* terkecil dari *mean absolute percentage error* (MAPE), *mean absolute deviation* (MAD), *mean squared deviation* (MSD), serta verifikasi peramalan. Pada penelitian ini data yang digunakan yaitu data pendapatan Kabupaten Tegal tahun 1981-2011.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Data

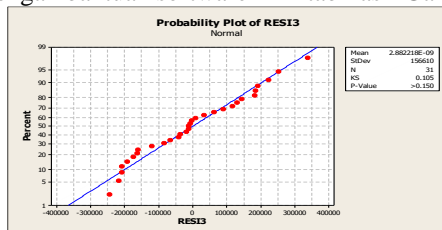
Data yang digunakan terdiri dari 31 data pengamatan yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Tegal. Pola data pendapatan disajikan pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1 terlihat pendapatan daerah Kabupaten Tegal menunjukkan efek *trend*, terlihat dari fluktuasi data yang cenderung makin naik dari waktu ke waktu, tetapi tidak terdapat indikasi pola musiman, sehingga data dapat dimodelkan menggunakan WES dengan algoritma NLP.



Gambar 1. *Plot* pendapatan Kabupaten Tegal tahun 1981-2011

Uji Normalitas Data

Pengujian normalitas data bertujuan untuk menguji apakah distribusi data pendapatan daerah Kabupaten Tegal berdistribusi normal. Kenormalan dapat diindikasikan dengan menguji error menurut uji *Kolmogorov-Smirnov* (KS) dengan bantuan software Minitab hasil Gambar 2.



Gambar 2. *Plot* distribusi normal *error* dengan *Kolmogorov-Smirnov*

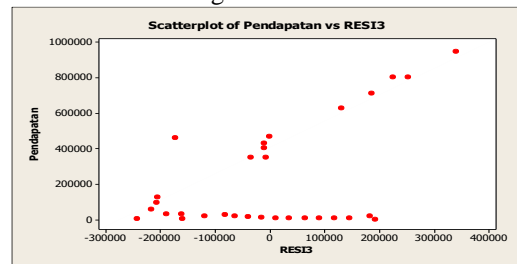
Hipotesis yang digunakan adalah H_0 : *error* berdistribusi normal *versus* H_1 : *error* tidak berdistribusi normal. Berdasarkan Gambar 2 hasil uji kenormalan *error* adalah H_0 diterima, karena $p\text{-value} = 0,150 > \alpha = 0,01$ dan $KS_{hitung} = 0,105 < KS_{tabel} = 0,293$. Artinya *error* berdistribusi normal.

Pengujian Asumsi Analisis Regresi

Peramalan merupakan bentuk analisis regresi yang berkaitan dengan faktor waktu, sehingga dilakukan pengujian asumsi-asumsi untuk mendeteksi pelanggaran dalam analisis regresi diantaranya sebagai berikut:

a. Heteroskedastisitas

Berdasarkan Gambar 3 terlihat bahwa nilai *error* pada *plot* tersebar secara acak dan terletak di sekitar nol, berarti *error* tidak mengikuti asumsi heteroskedastisitas.



Gambar 3. *Scatter plot error*

b. Multikolinieritas

Suatu pengujian data mengandung efek multikolinieritas jika *variance inflation factor* (VIF) lebih dari 10. Nilai $VIF = \frac{1}{1 - R_j^2}$ menggambarkan

kenaikan varians dari dugaan parameter antar peubah penjelas, dengan R_j^2 merupakan koefisien determinasi antara X_j dengan X_{j+1} . Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa nilai VIF sebesar 1 tidak lebih dari 10, berarti *error* tidak mengikuti asumsi multikolinieritas.

Tabel 1. Tabel korelasi

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	-54691859	6384400	-8.57	0.000	
Waktu	27512	3199	8.60	0.000	1.000

S = 159287 R-Sq = 71.8% R-Sq(adj) = 70.9%

c. Autokorelasi

Tabel 2. Tabel nilai *Durbin-Watson*

Unusual Observations				
Obs	Waktu	Pendapatan	Fit	SE Fit
Error	St	Resid		
30	2010	946107	607927	53139
338180		2.25R		

R denotes an observation with a large standardized error.

Durbin-Watson statistic = 0.485387

Efek autokorelasi pada suatu data pengamatan dapat dideteksi dengan nilai *Durbin-Watson* ($D-W$). Asumsi adanya efek autokorelasi dapat dideteksi dengan pengujian hipotesis, hipotesis yang digunakan adalah H_0 : tidak terdapat efek autokorelasi *versus* H_1 : terdapat efek autokorelasi, H_0 ditolak jika $D-W > D-W_{tabel}$. Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa nilai $D-W$ sebesar 0,485387 dibandingkan dengan nilai $D-W_{tabel}$

, karena
$$D-W = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} = 0,485387 <$$

$D-W_{tabel} = 1,27$ maka H_0 diterima, artinya tidak terdapat efek autokorelasi. Dimana $D-W$ adalah nilai Durbin-Watson, e_t adalah error pada periode waktu t , e_{t-1} adalah error pada periode waktu $t-1$, dan e_t^2 adalah kuadrat error pada periode waktu t .

Penggunaan WES Menurut Pola Data

Penggunaan metode WES *additive seasonality* maupun WES *multiplicative*

seasonality didasarkan pada efek musiman yang ditunjukkan oleh data. Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa data pendapatan Kabupaten Tegal terdapat efek *trend*, terlihat dari fluktuasi data yang cenderung makin naik dari waktu ke waktu, sehingga bentuk metode yang tepat untuk meramalkan pendapatan Kabupaten Tegal adalah WES *multiplicative seasonality*. Berikut *plot* data dengan *software Minitab* :



Gambar 4. *Plot time series* dari *initialization test*

Menentukan Parameter Optimal untuk WES dengan Algoritma NLP

Parameter optimal WES ditentukan dengan algoritma NLP. Penyelesaian algoritma NLP untuk optimasi WES menggunakan persamaan umum fungsi kuadrat, berikut persamaan yang digunakan untuk mencari α minimum adalah

$$f(\alpha) = a\alpha^2 + b\alpha + c \tag{3.1}$$

Selanjutnya akan dicari nilai a, b , dan c dengan menggunakan eliminasi Gauss. Nilai a, b , dan c akan dicari dengan mengkonstruksi tiga titik, misal titik-titik tersebut adalah $(\alpha_1, f(\alpha_1)), (\alpha_2, f(\alpha_2)),$ dan $(\alpha_3, f(\alpha_3))$ dengan $\alpha_1 \neq \alpha_2 \neq \alpha_3$.

$$\begin{aligned} f(\alpha_1) &= a\alpha_1^2 + b\alpha_1 + c, \\ f(\alpha_2) &= a\alpha_2^2 + b\alpha_2 + c, \\ f(\alpha_3) &= a\alpha_3^2 + b\alpha_3 + c. \end{aligned}$$

Fungsi kuadrat dari tiga buah titik α_1, α_2 , dan α_3 dituliskan kedalam bentuk matriks berikut,

$$\begin{bmatrix} \alpha_1^2 & \alpha_1 & 1 \\ \alpha_2^2 & \alpha_2 & 1 \\ \alpha_3^2 & \alpha_3 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f(\alpha_1) \\ f(\alpha_2) \\ f(\alpha_3) \end{bmatrix} \tag{3.2}$$

Berikut hasil penyelesaian persamaan (3.2) menggunakan eliminasi Gauss diperoleh a, b , dan c sebagai berikut:

$$a = \frac{(\alpha_2 - \alpha_3)f(\alpha_1) - (\alpha_1 - \alpha_3)f(\alpha_2) + (\alpha_1 - \alpha_2)f(\alpha_3)}{(\alpha_1 - \alpha_2)(\alpha_2 - \alpha_3)(\alpha_1 - \alpha_3)} \tag{3.3}$$

$$b = \frac{(\alpha_1^2 - \alpha_3^2)f(\alpha_2) - (\alpha_2^2 - \alpha_3^2)f(\alpha_1) - (\alpha_1^2 - \alpha_2^2)f(\alpha_3)}{(\alpha_1 - \alpha_2)(\alpha_2 - \alpha_3)(\alpha_1 - \alpha_3)} \tag{3.4}$$

dimana c merupakan konstanta.

Nilai ekstrim (maksimum/minimum) dari persamaan (3.1) diperoleh dengan menggunakan turunan pertama yaitu $\frac{df(\alpha)}{d\alpha} = 0 \Leftrightarrow 2a\alpha + b = 0$

$$\Leftrightarrow \alpha = \frac{-b}{2a}$$

Nilai α minimum dapat disimbolkan sebagai α^* , sehingga diperoleh $\alpha^* = \frac{-b}{2a}$.

Menggunakan persamaan α^* akan dicari nilai α^* yang berada antara 0 sampai dengan 1 dengan substitusi persamaan (3.3) dan (3.4) kedalam persamaan α^* diperoleh,

$$\alpha^* = \frac{-b}{2a}$$

$$\alpha^* = -\frac{1}{2} \left(\frac{(\alpha_1^2 - \alpha_3^2)f(\alpha_2) - (\alpha_2^2 - \alpha_3^2)f(\alpha_1) - (\alpha_1^2 - \alpha_2^2)f(\alpha_3)}{(\alpha_2 - \alpha_3)f(\alpha_1) - (\alpha_1 - \alpha_3)f(\alpha_2) + (\alpha_1 - \alpha_2)f(\alpha_3)} \right) \tag{3.5}$$

Berikut hasil γ^* dan δ^* dapat diperoleh dengan analogi langkah untuk mendapatkan parameter α^* .

Nilai γ^* diperoleh menggunakan persamaan $\gamma^* = \frac{-b}{2a}$ yaitu,

$$\gamma^* = -\frac{1}{2} \left(\frac{(\gamma_1^2 - \gamma_3^2)f(\gamma_2) - (\gamma_2^2 - \gamma_3^2)f(\gamma_1) - (\gamma_1^2 - \gamma_2^2)f(\gamma_3)}{(\gamma_2 - \gamma_3)f(\gamma_1) - (\gamma_1 - \gamma_3)f(\gamma_2) + (\gamma_1 - \gamma_2)f(\gamma_3)} \right) \tag{3.6}$$

Nilai δ^* diperoleh menggunakan persamaan

$$\delta^* = \frac{-b}{2a}$$

yaitu,

$$\delta^* = -\frac{1}{2} \left(\frac{(\delta_1^2 - \delta_3^2)f(\delta_2) - (\delta_2^2 - \delta_3^2)f(\delta_1) - (\delta_1^2 - \delta_2^2)f(\delta_3)}{(\delta_2 - \delta_3)f(\delta_1) - (\delta_1 - \delta_3)f(\delta_2) + (\delta_1 - \delta_2)f(\delta_3)} \right) \tag{3.7}$$

Dari persamaan (3.5), (3.6), dan (3.7) diperoleh tabel iterasi α^*, γ^* , dan δ^* dengan *software SPSS* sebagai berikut:

Tabel 3. Nilai parameter α^*, γ^* , dan δ^*

α^*	γ^*	δ^*	SES
0.05000	0.00000	0.02900	406908800251
0.05000	0.00000	0.03000	406909747094
0.05000	0.00000	0.02800	406916729695
0.05000	0.00000	0.03100	406919430276
0.05000	0.00000	0.02700	406933676686
0.05000	0.00000	0.03200	406937711155
0.05000	0.00000	0.02600	406959783808
0.05000	0.00000	0.03300	406964452381
0.05000	0.00000	0.02500	406995194976
0.05000	0.00000	0.03400	406999517893

Nilai parameter α^* , γ^* , dan δ^* diambil dari sepuluh model terbaik dengan melihat nilai *single exponential smoothing* (SES) terkecil. Selanjutnya parameter persamaan *level*, *trend*, dan musiman dapat ditulis sebagai berikut,

$$level : L_t = (0,05000) \frac{y_t}{S_{t-s}} + (0,95000)(L_{t-1} + b_{t-1}), \quad (3.8)$$

$$trend : b_t = b_{t-1}, \quad (3.9)$$

$$musiman : S_t = (0,02900) \frac{y_t}{L_t} + (0,971)S_{t-s}. \quad (3.10)$$

Melakukan Peramalan WES

Peramalan WES dilakukan apabila telah diketahui nilai parameter α^* , γ^* , dan δ^* yang diambil. Peramalan pendapatan daerah Kabupaten Tegal menggunakan WES *multiplicative* dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Peramalan pada periode pertama

Langkah pertama untuk memulai prosedur peramalan harus dicari nilai awal L_t , b_t , dan S_t , dengan $t = 1, 2, 3, 4$. Nilai awal dapat diperoleh dengan menggunakan data 4 tahun pertama yang berarti bahwa $m = 2$ ($m =$ periode musim) dan $L = 4$ ($L =$ panjang periode musim), sedangkan nilai rata-rata untuk tahun 1981-1984 dan 1985-1988 yaitu, $\bar{y}_1 = 9.791.612.083,00$ diperoleh dari jumlahan data tahun 1981-1984 dibagi L dan $\bar{y}_2 = 10.080.453.250,00$ diperoleh dari jumlahan data tahun 1985-1988 dibagi L . Kemudian diperoleh $L_1 = 9.647.191.499,00$,

$$b_1 = 72.210.292,82, \text{ dan } S_1 = 0,571153727.$$

Langkah selanjutnya yaitu melakukan peramalan pada periode pertama dengan menggunakan nilai L_1 , b_1 , dan S_1 untuk peramalan tahun 1982 dengan nilai $\alpha^* = 0,05000$, $\gamma^* = 0,00000$, dan

$\delta^* = 0,02900$. Ramalan pendapatan daerah Kabupaten Tegal untuk tahun 1982 sebagai berikut:

$$\hat{y}_1 = (L_1 + b_1 m) S_1$$

$$\Leftrightarrow \hat{y}_1 = (9.647.191.499,00 + 72.210.292,82(1))0,571153727$$

$$\Leftrightarrow e_1 = 13.669.899.419,46$$

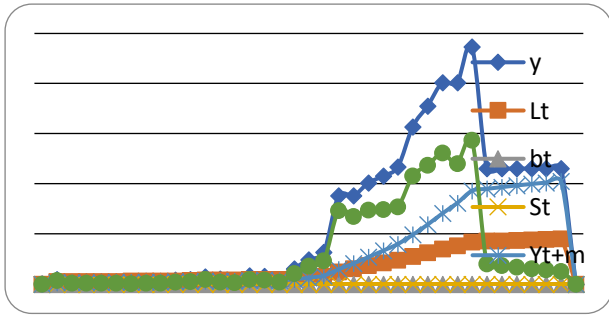
2. Peramalan pada periode ke-T

Untuk meramalkan pendapatan daerah Kabupaten Tegal pada periode ke-T perhitungan didasarkan pada nilai taksiran *level* pada periode sebelumnya $L_t(T-1)$, nilai *trend* pada periode sebelumnya $b_t(T-1)$, dan nilai musiman pada periode satu musim yang lalu yaitu $S_t(T-4)$.

Peramalan pendapatan daerah Kabupaten Tegal dapat diperoleh dengan menggunakan bantuan *software Microsoft Excel*, hasil peramalannya dapat dilihat dalam Tabel 4 berikut,

Tahun	y_t	L_t	b_t	S_t	$y_{t,m}$	Error
1981	1.778.176.353,74					
1982	19.221.171.977,07	9.647.191.499,00	72.210.292,82	0,571153727	5.551.272.557,61	13.669.899.419,46
1983	8.842.667.000,00	10.007.537.392,34	72.210.292,82	0,580214689	5.890.315.141,81	2.952.351.858,19
1984	9.324.433.000,00	10.379.293.301,31	72.210.292,82	0,589441158	6.245.673.813,88	3.078.759.186,12
1985	9.546.870.000,00	10.738.752.251,60	72.210.292,82	0,598128686	6.595.919.963,93	2.950.950.036,07
1986	9.824.928.000,00	11.091.719.951,42	72.210.292,82	0,606470847	6.945.771.978,84	2.879.156.021,16
1987	9.463.390.000,00	11.385.935.290,73	72.210.292,82	0,612986466	7.245.007.823,97	2.218.382.176,03
1988	11.486.625.000,00	11.822.177.832,85	72.210.292,82	0,623386741	7.684.893.488,73	3.801.731.511,27
1989	12.990.599.000,00	12.341.606.102,59	72.210.292,82	0,635833513	8.214.516.560,94	4.776.082.439,06
1990	17.297.443.000,00	13.153.343.513,13	72.210.292,82	0,655531097	9.048.540.534,41	8.248.992.465,59
1991	19.614.238.000,00	14.060.333.136,45	72.210.292,82	0,676975846	10.007.352.165,34	9.606.885.834,66
1992	29.544.248.525,00	15.607.991.784,30	72.210.292,82	0,712237425	11.682.335.488,10	17.861.913.036,90
1993	19.969.843.140,00	16.298.101.113,88	72.210.292,82	0,727115848	12.480.670.597,96	7.489.172.542,04
1994	7.408.545.483,00	16.061.243.230,46	72.210.292,82	0,719406275	12.229.890.156,97	4.821.344.673,97
1995	33.003.397.706,00	17.620.574.969,33	72.210.292,82	0,752860593	14.026.936.497,67	18.976.461.208,33
1996	32.022.013.988,00	18.934.835.473,75	72.210.292,82	0,780071548	15.615.464.342,88	16.406.549.645,12
1997	7.411.500.245,00	18.531.746.072,06	72.210.292,82	0,769047598	15.140.325.241,38	7.728.824.996,38
1998	60.472.906.763,00	21.605.433.706,42	72.210.292,82	0,827915275	18.903.796.669,72	41.569.110.093,28
1999	98.182.990.404,00	26.523.293.077,36	72.210.292,82	0,911256909	25.353.972.373,40	72.829.018.030,60
2000	26.370.260.771,00	32.199.571.968,88	72.210.292,82	0,998643697	33.526.034.316,42	92.844.226.454,58
2001	52.630.193.134,00	48.313.648.952,08	72.210.292,82	1,181,347,349	58.781.309.858,75	293.848.883.275,25
2002	52.630.193.134,00	60.891.482.036,67	72.210.292,82	1,315,030,905	82.068.314.833,91	270.561.878.300,09
2003	02.977.614.784,00	73.237.490.384,12	72.210.292,82	1,436,462,885	107.484.939.680,58	295.492.675.103,42
2004	31.157.560.382,00	84.651.827.909,28	72.210.292,82	1,542,511,301	133.138.260.597,08	298.019.299.784,92
2005	67.972.600.072,00	95.657.015.276,13	72.210.292,82	1,639,652,076	159.685.817.817,74	308.286.782.254,26
2006	28.111.612.423,00	110.096.572.031,10	72.210.292,82	1,757,549,976	196.673.057.475,29	431.438.554.947,71
2007	10.722.353.205,00	124.879.465.365,50	72.210.292,82	1,871,627,763	237.241.794.952,09	473.480.558.252,91
2008	04.180.781.490,00	140.187.551.280,76	72.210.292,82	1,983,708,002	281.958.758.892,40	522.222.022.597,61
2009	04.180.781.490,00	153.516.409.468,51	72.210.292,82	2,078,094,149	323.223.226.405,13	480.957.555.084,87
2010	46.107.093.229,00	168.673.005.645,06	72.210.292,82	2,180,493,893	372.356.627.684,81	573.750.465.544,20
2011	60.931.045.000,00	170.877.373.530,39	72.210.292,82	2,195,485,259	379.914.853.719,19	81.016.191.280,81
2012	60.931.045.000,00	172.899.352.178,35	72.210.292,82	2,209,127,062	386.901.811.018,13	74.029.233.981,88
2013	60.931.045.000,00	174.755.409.283,10	72.210.292,82	2,221,552,143	393.361.659.799,84	67.569.385.200,16
2014	60.931.045.000,00	176.460.315.263,00	72.210.292,82	2,232,877,876	399.335.147.151,67	61.595.897.848,34
2015	60.931.045.000,00	178.027.355.950,73	72.210.292,82	2,243,208,385	404.859.870.667,20	56.071.174.332,80
2016	60.931.045.000,00	179.468.511.834,31	72.210.292,82	2,252,636,376	409.970.521.748,95	50.960.523.251,05

Data hasil peramalan seperti pada Tabel 4 dapat digambarkan secara grafik pada Gambar 5 berikut,



Gambar 5. Plot ramalan pendapatan daerah Kabupaten Tegal menggunakan WES *multiplicative*

Menghitung Ukuran Error

Prosedur peramalan setelah melakukan optimasi peramalan WES adalah menghitung MAPE, MAD, dan MSD. Berikut merupakan hasil simulasi komputer dengan memanfaatkan *software Minitab 16*.

Tabel 5. Perbandingan antara ketiga ukuran error peramalan WES

	Ukuran error	WES <i>multiplicative seasonality</i>
<i>In-sample</i>	MAPE	72,7360
	MAD	$9,30296 \times 10^4$
	MSD	$2,94973 \times 10^{10}$
<i>Out-of-sample</i>	MAPE	76,2323
	MAD	585.738,00
	MSD	$1,886527 \times 10^{12}$

Berdasarkan Tabel 5 diperoleh *forecasting error* WES *multiplicative seasonality* menurut nilai ukuran error *in-sample* dengan MAPE sebesar 72,7360, hasil terkecil adalah nilai ukuran yang dikehendaki (lebih baik) dibandingkan dengan ukuran error MAD dan MSD.

Hasil Peramalan WES

Hasil peramalan WES menggunakan algoritma NLP khususnya algoritma kuadratis untuk data pendapatan daerah Kabupaten Tegal tahun 1981-2011. Setelah dilakukan analisis diperoleh $\alpha^* = 0,05000$, $\gamma^* = 0,00000$, dan $\delta^* = 0,02900$, selanjutnya α^* , γ^* , dan δ^* digunakan untuk meramalkan pendapatan daerah Kabupaten Tegal untuk 5 tahun ke depan (tahun 2012-2016). Berikut hasil ramalannya:

Tabel 6. Ramalan pendapatan daerah Kabupaten Tegal tahun 2012-2016 menggunakan WES *multiplicative*

Periode (tahun)	Ramalan (Rp)
2012	386.901.811.018,13
2013	393.361.659.799,84
2014	399.335.147.151,67
2015	404.859.870.667,20
2016	409.970.521.748,95

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Peramalan WES menggunakan algoritma NLP khususnya algoritma kuadratis diperoleh nilai parameter optimal *level* (α^*) adalah 0,05000, parameter optimal *trend* (γ^*) adalah 0,00000, dan parameter optimal musiman (δ^*) adalah 0,02900. Sedangkan hasil peramalan WES data pendapatan Kabupaten Tegal tahun 1981-2011 diperoleh ramalan untuk 5 tahun ke depan (tahun 2012-2016) adalah sebesar Rp 386.901.811.018,13, Rp 393.361.659.799,84, Rp 399.335.147.151,67, Rp 404.859.870.667,20, dan Rp 409.970.521.748,95. Peramalan pendapatan Kabupaten Tegal untuk 5 tahun ke depan dikatakan baik, hal ini dikarenakan memiliki *forecasting error* terkecil yaitu MAPE memberikan hasil sebesar 72,7360.

Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan metode peramalan yang lain, seperti: metode peramalan tiga parameter dari Brown, ARIMA dengan algoritma NLP yang lain, seperti: *uniform search*, algoritma *golden section search*, *dichotomus search*, algoritma turunan pertama dan lain sebagainya.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Ai, T. J. 1999. Jurnal Teknologi Industri “Optimasi Peramalan Pemulusan Eksponensial Satu Parameter Dengan Menggunakan Algoritma Non-Linear Programming”, Vol. Iii, No. 3, Halaman 139 – 148 ISSN 1410-5004.

[2] Ai, T. J. 2002. Jurnal Teknologi Industri “Penyelesaian Non-Linear Programming (NLP) yang berbentuk Maks/Min $f(x)$ dengan Kendala $a \leq x \leq d$ dengan Modifikasi

[3] *Algoritma Golden Section*”. diunduh dari: www.uajy.ac.id/jurnal/jti/2002/6/1/doc/2002_6_1_6.doc [Diakses pada 10 September 2012 pukul 12:03].

[4] Aswi dan Sukarna. 2006. *Teknik dan Metoda Peramalan*. Jakarta.

[5] Bowers, D. 1993. *Statistics for Economics and Business*. London: Macmillan.

[6] BPS Kabupaten Tegal. 2011. Daerah dalam Angka (DDA) Kabupaten Tegal Tahun 1981-2011. Tegal.

[7] Gujarati, D. 1992. *Essentials of Econometrics*. Singapura: McGraw-Hill.

[8] Lieberman, G. J. dan Hillier, F. S. 1990. Pengantar Riset Operasi, Edisi Kelima, Jilid 1. Alih Bahasa: Gunawan, E. S. dan A.W. Mulia. Jakarta: Erlangga.

[9] Makridakis, S., Wheelwright, dan McGee. 1995. *Metode dan Aplikasi Peramalan, Edisi Kedua, Jilid 1*. Alih Bahasa: Untung S. A. dan Abdul B. Jakarta: Erlangga.

[10] Novi, E. 2012. “Penggunaan Algoritma Nonlinear Programming untuk Mengoptimalkan Parameter (α) dalam Metode Pemulusan Eksponensial Satu

Parameter", Surabaya: Institut Teknologi Surabaya (ITS).

[11] Raharja, A. 2010. Jurnal Sistem Informasi "*Penerapan Metode Exponential Smoothing untuk Peramalan Penggunaan Waktu Telepon di PT.Telkomsel DIVRE3 Surabaya*", Surabaya: Institut Teknologi Surabaya (ITS).

[12] Rahayu, A. S. 2010. *Pengantar Kebijakan Fiskal*. Jakarta.

[13] Tripena, A. 2012. Bahan Ajar Kapita selekta Statistika II "*Metode Peramalan Smoothing*