



Optimasi Parameter Pemulusan Algoritma Brown Menggunakan Metode Golden Section Untuk Prediksi Data Tren Positif dan Negatif

Fiqih Akbari^a, Arief Setyanto^b, Ferry Wahyu Wibowo^c

^aMagister Teknik Informatika, Universitas AMIKOM Yogyakarta, siskomaster@gmail.com

^bMagister Teknik Informatika, Universitas AMIKOM Yogyakarta, arief_s@amikom.ac.id

^cMagister Teknik Informatika, Universitas AMIKOM Yogyakarta, ferry.w@amikom.ac.id

Abstract

Algorithm DES (Double Exponential Smoothing) Brown is a forecasting algorithm used to predict time series data both patterned positive trends and negative trends. However, this algorithm has a weakness in determining the optimum parameter value to minimize forecasting error (MAPE), the parameter value is searched using Golden Section method previously searched manually using repeated experiment. This research uses 60 trend patterned data analyzed for grouping positive and negative trend pattern data which further done forecasting process, evaluation and testing to know what type of data pattern is best. Based on the result, it revealed that optimization parameter yields optimum MAPE value, where parameter value is done forecasting process in positive and negative trend pattern data group yielding average MAPE value equal to 9,73401% (highly accurate) for patterned data positive trend and 15,78467% (good forecast) for negative patterned pattern data. DES Brown forecasting algorithm with parameter optimization method resulted in the approximate value of the original data if the data shows the addition or decrease in value around the average value. Conversely, it will result in a high MAPE value (inaccurate) if the data has a spike in data value periods. From the two groups of MAPE scores, a statistical t test showed that positive trend patterned data (μ_1) yielded better MAPE average value than negative trend patterned data (μ_2).

Keywords: Parameter Optimization, DES Brown, Data Trends, Golden Section, T Test

Abstrak

Algoritma DES (Double Exponential Smoothing) Brown merupakan algoritma peramalan yang digunakan untuk memprediksi data deret berkala baik berpola tren positif maupun tren negatif. Namun algoritma ini mempunyai kelemahan yaitu dalam menentukan nilai parameter optimum untuk meminimasi *error* peramalan (MAPE), nilai parameter tersebut dicari menggunakan metode *Golden Section* dimana sebelumnya dicari secara manual menggunakan percobaan berulang kali. Penelitian ini menggunakan 60 data berpola tren yang dianalisis untuk pengelompokan pola data tren positif dan negatif dimana selanjutnya dilakukan proses peramalan, evaluasi dan pengujian untuk mengetahui jenis pola data tren apa yang terbaik. Dari hasil perhitungan dan pengujian diketahui bahwa parameter optimasi menghasilkan nilai MAPE yang optimum, dimana selanjutnya nilai parameter tersebut dilakukan proses peramalan pada kelompok pola data tren positif dan negatif yang menghasilkan rata-rata nilai MAPE sebesar 9,73401% (*highly accurate*) untuk data berpola tren positif dan 15,78467% (*good forecast*) untuk data berpola tren negatif. Algoritma peramalan DES Brown dengan metode optimasi parameter menghasilkan nilai pendekatan terhadap data asli jika data tersebut menunjukkan penambahan atau penurunan nilai disekitar nilai rata-rata. Sebaliknya, akan menghasilkan nilai MAPE yang tinggi (tidak akurat) jika data tersebut memiliki lonjakan periode nilai data. Dari kedua kelompok nilai MAPE tersebut dilakukan uji t statistik yang menyatakan bahwa data berpola tren positif (μ_1) menghasilkan nilai rata-rata MAPE lebih baik dibandingkan data berpola tren negatif (μ_2).

Kata Kunci: Optimasi Parameter, DES Brown, Data Tren, *Golden Section*, T Test

© 2018 Jurnal RESTI

1. Pendahuluan

Terdapat berbagai macam pola data runtun waktu yang dapat digunakan untuk peramalan, salah satunya adalah pola data tren. Algoritma DES Brown merupakan salah satu dari algoritma DES (*Double Exponential Smoothing*) yang digunakan dalam peramalan untuk

data berpola tersebut, baik itu berpola tren positif maupun berpola tren negatif [1].

Namun masalah yang muncul pada algoritma ini adalah dalam menentukan nilai parameter optimum untuk memberikan ukuran kesalahan peramalan terkecil. Biasanya untuk mendapatkan parameter optimum dicari menggunakan metode coba dan salah (*trial and error*)

membutuhkan waktu yang cukup banyak [2] dan penelitian yang ada hanya menerapkan peramalan pada salah satu pola data tersebut. Beda halnya pada penelitian ini, parameter algoritma DES Brown tersebut dioptimasi untuk dicari nilai optimumnya menggunakan algoritma *non linear programming* [3] yaitu metode *golden section* yang diimplementasikan pada kedua pola data tren tersebut.

Data yang digunakan adalah 60 data berpola tren yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan Kementerian ESDM dimana data tersebut dianalisis menggunakan *least square method* untuk pengelompokan pola data tren positif dan pola data tren negatif [4]. Hasil peramalan dari kedua kelompok pola tersebut akan dievaluasi dan diuji menggunakan uji t statistik untuk membandingkan apakah rata-rata nilai MAPE (*mean absolute percentage error*) memiliki perbedaan atau tidak dalam menentukan pola data tren terbaik.

2. Tinjauan Pustaka

Adapun tinjauan pustaka yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

2.1 State of The Art

Sebelumnya, peneliti telah mempelajari dari banyak penelitian rujukan penerapan algoritma DES (*double exponential smoothing*) salah satunya dari jurnal penelitian (Julnita Bidangan, Ika Purnamasari dan Memi Nor Hayati, 2016) dimana pada penelitian tersebut penentuan nilai parameter DES Brown terbaik dihitung dengan cara *trial and error* dari 0,1 hingga 0,9, kemudian nilai parameter 0,2 mendapat nilai MAPE terkecil dihitung kembali dari 0,21 hingga 0,29. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meramalkan jumlah air bersih 3 bulan kedepan agar bisa diantisipasi. Dari penelitian rujukan tersebut peneliti dapat melihat bahwa dalam menentukan parameter dilakukan secara manual dengan pengujian nilai parameter berkali-kali untuk mendapatkan hasil nilai MAPE terbaik. Berbeda dengan penelitian yang akan dikembangkan pada karya ilmiah ini, nilai parameter dicari menggunakan metode *Golden Section* sehingga nilai parameter optimum lebih mudah didapatkan dan lebih efektif untuk menghasilkan nilai MAPE terbaik.

Merujuk pada penelitian yang sudah dilakukan oleh (Nurrahim Dwi Saputra, Abdul Aziz dan Bambang Harjito, 2016) yang meneliti tentang optimasi parameter pada algoritma DES Brown dan Holt menggunakan metode *Golden Section*. Data objek yang digunakan adalah harga minyak mentah Indonesia, penelitian tersebut bertujuan melakukan optimasi sekaligus pemilihan model terbaik untuk prediksi periode kedepan. Berbeda halnya dengan penelitian yang akan peneliti lakukan, data objek tidak hanya satu melainkan 60 data berpola tren. Setiap data dilakukan analisis untuk pengelompokan pola data yang kemudian dilakukan

peramalan pada masing-masing kelompok untuk dievaluasi dan diuji dalam menentukan pola data tren mana yang terbaik berdasarkan nilai uji T statistik dari kedua kelompok nilai MAPE yang dihasilkan.

2.2 Peramalan DES Brown

Peramalan adalah suatu prediksi dari kejadian atau beberapa kejadian di masa depan [5] dalam pengertian lain yaitu suatu prediksi untuk mencapai kejadian yang akan datang secara sistematis menggunakan data di masa lalu [6]. Ada 2 kategori model peramalan yang diperlukan dalam membuat suatu keputusan yaitu model kualitatif (*opinion and judgmental methods*) dan model kuantitatif (*time series*) [7]. Algoritma peramalan DES Brown merupakan peramalan data yang berpola tren dengan menggunakan persamaan sebagai berikut : [8]

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

$$S''_t = \alpha S''_t + (1 - \alpha) S''_{t-1} \quad (2)$$

$$a_t = 2S'_t - S''_t \quad (3)$$

$$b_t = \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_t - S''_t) \quad (4)$$

$$F_{t+m} = a_t + b_t m \quad (5)$$

Dengan X_t = data aktual pada periode t , α = parameter pemulusan, S'_t = pemulusan eksponensial tunggal pada periode t , S''_t = pemulusan eksponensial ganda pada periode t , a_t dan b_t = pemulusan trend pada periode t , F_{t+m} = peramalan untuk periode ke depan dari t , t = periode ke – dan m = periode jumlah ramalan ke depan.

2.3 Metode Golden Section

Metode *Golden Section* adalah metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah *non linear programming* satu variabel yang berbentuk maksimasi atau minimasi : $f(x)$ dengan kendala nilai $a \leq x \leq d$ [2]. Metode *golden section* ini pada dasarnya mengurangi daerah batas (α) yang mungkin menghasilkan nilai fungsi objektif optimum secara iteratif. Misalkan pada suatu tahap iterasi nilai fungsi optimum mungkin terletak pada interval α [a, d]. Selanjutnya menentukan dua nilai α yang simetris dalam interval tersebut yaitu b dan c, dan interval kemungkinan fungsi bernilai optimum dikurangi dari [a, d] menjadi [a, c] atau [b, d] tergantung dari nilai fungsi di $\alpha = b$ dan di $\alpha = c$. Untuk fungsi unimodal yaitu fungsi dengan satu nilai minimum, apabila nilai $f(b) < f(c)$ maka interval dapat dikurangi menjadi [a, c]. Sedangkan apabila nilai $f(b) > f(c)$ interval dapat dikurangi menjadi [b, d]. Langkah iterasi diulangi sampai interval α sangat kecil tergantung dari nilai yang dikehendaki, dan dapat diambil bahwa α minimum terletak pada interval akhir tersebut. [9]

Untuk mendapatkan nilai b dan c dapat menggunakan persamaan berikut : [10]

$$b = ra + (1 - r)d \quad (6)$$

$$c = a + d - b \quad (7)$$

dengan

$$r = (-1 + \sqrt{5})/2 \quad (8)$$

Jika $f(b) < f(c)$ maka menggunakan persamaan : (9)

$$d = c$$

$$c = b$$

$$b = ra + (1 - r)d$$

Jika $f(b) > f(c)$ maka menggunakan persamaan : (10)

$$a = b$$

$$b = c$$

$$c = a + d - b$$

2.4 Ukuran Akurasi Peramalan

Akurasi dari suatu peramalan adalah sangat penting. Peramalan yang dihasilkan tidak pernah 100% tepat, hasilnya selalu lebih tinggi atau lebih rendah dari nilai sebenarnya. Dalam banyak situasi peramalan, ketepatan dipandang sebagai kriteria penolakan untuk memilih suatu metode peramalan [8]. Menurut Makridakis et al (1988) salah satu indikator yang dapat digunakan untuk menghitung kesalahan dalam peramalan adalah nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) atau dapat juga disebut nilai rata-rata kesalahan persentase absolut, yang dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$E_t = X_t - F_t \quad (11)$$

$$PE_t = \left(\frac{E_t}{X_t}\right) 100 \quad (12)$$

$$APE_t = abs(PE_t) \quad (13)$$

$$j\text{lh}APE = SUM(APE_t) \quad (14)$$

$$MAPE = j\text{lh}APE / j\text{lh}(t) \quad (15)$$

Dengan E_t = kesalahan prediksi untuk pada periode t , X_t = nilai data aktual periode t , F_t = nilai ramalan periode t , PE_t = persentase kesalahan, APE_t = persentase kesalahan absolut, $j\text{lh}APE$ = jumlah persentase kesalahan absolut, $j\text{lh}(t)$ = jumlah periode ramalan dan $MAPE$ = persentase nilai rata-rata kesalahan absolut.

Skala untuk menilai akurasi peramalan yang berdasarkan nilai MAPE dikembangkan oleh Lewis (1982) yang tercantum pada Tabel 1 [11]

Tabel 1. Skala dari Penilaian Akurasi Peramalan

MAPE	Penilaian Dari Akurasi Peramalan
Kurang dari 10%	Berakurasi tinggi (<i>Highly Accurate</i>)
11% sampai 20%	Peramalan yang baik (<i>Good Forecast</i>)
21% sampai 50%	Peramalan dengan alasan (<i>Reasonable Forecast</i>)
Lebih dari 50%	Peramalan tidak akurat (<i>Inaccurate Forecast</i>)

2.5 Uji T Statistik

Uji t adalah salah satu uji statistik yang digunakan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan yang signifikan (menyakinkan) dari dua buah *mean* sampel dari dua variabel yang dikomparatifkan [12]. Uji t terbagi menjadi dua yaitu berpasangan (*paired*) dan tidak berpasangan (*unpaired/independent*) dimana terdapat

hipotesis *one tailed* (satu sisi) dan *two tailed* (dua sisi) dalam perumusan hipotesisnya. [13]. Adapun perumusan hipotesisnya sebagai berikut, lihat Tabel 2.

Tabel 2. *One tailed* dan *two tailed*

<i>One tailed</i> sisi kiri	<i>One tailed</i> sisi kanan	<i>Two Tailed</i> (dua sisi)
$H_0: \mu_1 \geq \mu_2$, $H_1: \mu_1 < \mu_2$ Tolak H_0 bila $t_{stat} < t_{crit}$	$H_0: \mu_1 \leq \mu_2$, $H_1: \mu_1 > \mu_2$ Tolak H_0 bila $t_{stat} > t_{crit}$	$H_0: \mu_1 = \mu_2$, $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ Tolak H_0 bila $t_{stat} > t_{crit}$

Rumus yang digunakan untuk uji t berpasangan (*paired*) adalah : [14]

$$t_{stat} = \frac{\left(\frac{\sum D}{n}\right)}{\left(\frac{SD}{\sqrt{n-1}}\right)} \quad (16)$$

dengan rumus mencari nilai SD (standar deviasi) yaitu:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum D^2}{n} - \left(\frac{\sum D}{n}\right)^2} \quad (17)$$

$$df = n - 1 \quad (18)$$

Dengan t_{stat} = T statistik, n = banyaknya data, D = deviasi, SD = standar deviasi, df = degree of freedom. Untuk mendapatkan nilai t_{crit} adalah pembacaan nilai t tabel distribusi dari nilai df (derajat kebebasan) dan nilai signifikansi alpha (α).

Kemudian selanjutnya rumus yang digunakan untuk uji t tidak berpasangan (*unpaired/independent*) adalah: [15]

Jika *equal variance* :

$$t = \frac{(\bar{X} - \bar{Y})}{\sqrt{\left(\frac{S_x^2}{n_1} + \frac{S_y^2}{n_2}\right)}} \quad (19)$$

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_x^2 + (n_2 - 1)S_y^2}{n_1 + n_2 - 2} \quad (20)$$

$$df = n_1 + n_2 - 2 \quad (21)$$

Jika *unequal variance* :

$$t = \frac{(\bar{X} - \bar{Y})}{\sqrt{\left(\frac{S_x^2}{n_1} + \frac{S_y^2}{n_2}\right)}} \quad (22)$$

$$df = \frac{\left(\frac{S_x^2}{n_1} + \frac{S_y^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S_x^2}{n_1}\right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{S_y^2}{n_2}\right)^2}{n_2 - 1}} \quad (23)$$

Dengan rumus mencari nilai varian sebagai berikut :

$$S_x^2 = \frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n - 1} \quad (24)$$

$$S_y^2 = \frac{\sum(Y - \bar{Y})^2}{n - 1} \quad (25)$$

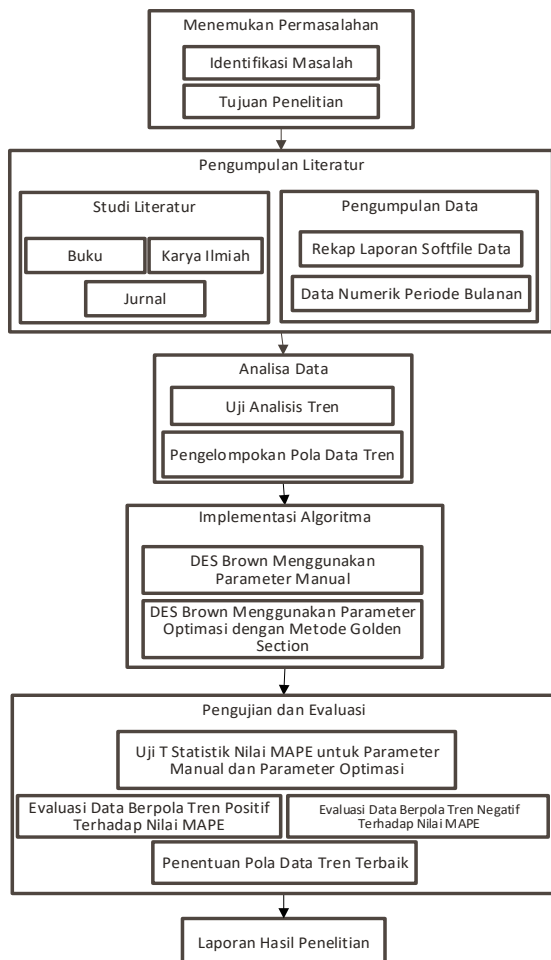
Untuk mengetahui apakah kelompok data tersebut *equal* atau *unequal* dapat diuji menggunakan rumus F_{stat} :

$$F_{stat} = \frac{HIGH S^2}{LOW S^2} = \frac{Varian terbesar}{Varian terkecil} \quad (26)$$

Jika $F_{stat} > F_{crit}$ maka *variance unequal*, nilai $F_{critical}$ didapat dari tabel *F distribution* yang sesuai dengan nilai signifikansi (α) yang digunakan. Dimana \bar{X} = rata-rata kelompok 1, \bar{Y} = rata-rata kelompok 2, S_x^2 = varian kelompok 1, S_y^2 = Varian kelompok 2, S_p^2 = *pooled variance*, n = banyaknya data, df = *degree of freedom*.

3. Metodologi Penelitian

Langkah yang dilakukan dalam penelitian, disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

3.1 Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan 60 data berpola tren yang diperoleh dari situs resmi Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia dan Kementerian ESDM Indonesia [16][17]. Data ini dalam bentuk data numerik yaitu deret berkala periode bulanan selama beberapa tahun mencakup pola data tren yang kemudian pada tahap selanjutnya akan dianalisa.

3.2 Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk pengelompokan hasil pengumpulan data yang berpola tren, data mana yang mempunyai pola tren positif dan data mana saja yang mempunyai pola tren negatif. Analisa data menggunakan metode *least square method* dengan perhitungan yang hasil akhirnya memenuhi persamaan $Y = a + bX$ untuk pola tren positif dan $Y = a - bX$ untuk pola tren negatif dengan $a = \frac{\sum Y}{n}$ dan $b = \frac{\sum XY}{\sum X^2}$ [4].

3.3 Implementasi Algoritma

Pada tahap ini algoritma peramalan DES Brown diimplementasikan menggunakan parameter manual yaitu melakukan percobaan nilai parameter dari 0 hingga 1 dan menggunakan parameter optimasi dengan metode *golden section*. Hal ini bertujuan untuk mengukur seberapa baik optimasi yang dilakukan, apakah hasil akurasi peramalan berbeda jauh secara signifikan atau tidak. Implementasi ini dilakukan terhadap kedua kelompok pola data.

3.4 Pengujian dan Evaluasi

Pada tahap ini hasil dari penerapan algoritma DES Brown menggunakan parameter manual dan parameter optimasi akan diuji menggunakan uji T statistik, nilai MAPE yang dihasilkan dari kedua kelompok parameter tersebut yaitu parameter manual (sebelum dioptimasi) dan sesudah dioptimasi diuji T statistik apakah nilainya berbeda secara signifikan atau tidak ada perbedaan dari keduanya. Setelah diketahui parameter yang optimum, kemudian parameter tersebut diaplikasikan pada kelompok data berpola data tren positif dan berpola tren negatif, yang dimana hasil tersebut diuji lagi menggunakan uji t statistik dalam penentuan pola data tren terbaik.

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian yang dilakukan, disajikan berikut ini:

4.1 Hasil Pengumpulan Data

Data yang didapat yaitu 60 data berpola tren, yaitu data jumlah kunjungan wisatawan mancanegara menurut pelabuhan masuk sebanyak 10 data dengan 113 periode, jumlah penumpang dan jumlah barang melalui transportasi kereta sebanyak 7 data dengan 137 periode, jumlah penumpang pesawat di bandara utama

keberangkatan pada internasional dan domestik sebanyak 9 data dengan 137 periode, jumlah barang yang dimuat dan dibongkar di bandara utama penerbangan internasional dan domestik sebanyak 13 data dengan 117 periode, jumlah indeks unit value ekspor bulanan sebanyak 20 data dengan 43 periode dan data rata-rata harga minyak mentah Indonesia sebanyak 1 data dengan 65 periode.

4.2 Hasil Analisa Data

Dari analisis 60 data berpola tren menggunakan perhitungan metode *least square method* didapatkan persamaan tren berpola positif sebanyak 30 data dan berpola negatif sebanyak 30 data.

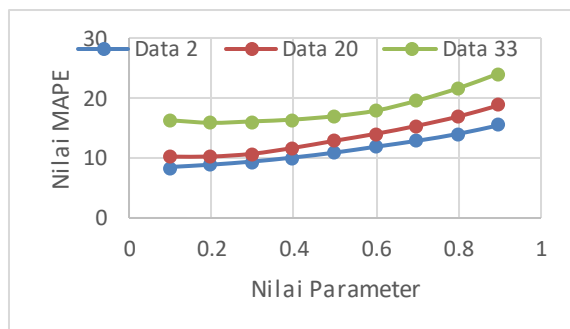
4.3 Hasil Implementasi Algoritma

Implementasi algoritma peramalan Brown dilakukan pada nilai parameter manual dan nilai parameter dengan optimasi menggunakan metode golden section yang bertujuan untuk melihat apakah hasil akurasi peramalan berbeda jauh secara signifikan atau tidak. Peramalan ini menggunakan 30 data berpola tren positif dan 30 data berpola tren negatif.

4.3.1. Peramalan Menggunakan Parameter Manual

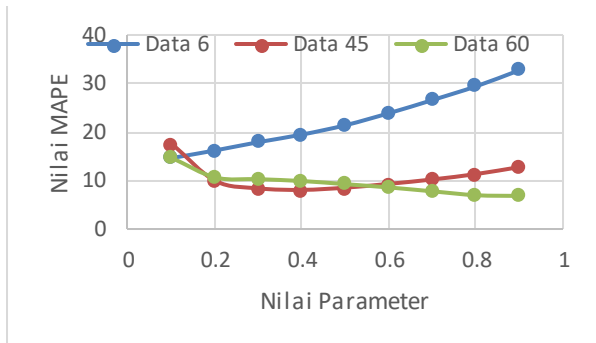
Yang dimaksud dengan parameter manual disini adalah mengeset nilai parameter dengan mencoba peramalan menggunakan nilai parameter dari 0,1 sampai 0,9 untuk mendapatkan nilai MAPE optimum. Berikut langkahnya:

1. Mengeset nilai parameter alpha ($\alpha = 0 - 1$).
2. Menginisialisasi nilai pemulusan pertama (S') dan pemulusan kedua (S'').
3. Menghitung nilai S' , S'' , a , dan b pada satu periode berikutnya menggunakan persamaan (1) sampai dengan persamaan (4).
4. Menghitung nilai ramalan satu periode berikutnya ($m = 1$) menggunakan persamaan (5).
5. Mengulang langkah 3 sampai 4 untuk seluruh data periode.
6. Menghitung nilai MAPE dari data periode susunan pengujian dengan rasio 40:60 menggunakan persamaan (11) hingga (15). [8]



Gambar 2. Grafik Plot Nilai MAPE terhadap nilai parameter untuk beberapa data yang berpola tren positif.

Gambar 2 dan Gambar 3 adalah plot grafik hasil nilai MAPE yang didapatkan menggunakan parameter manual dari beberapa data tren yang berpola tren positif dan berpola tren negatif.



Gambar 3. Grafik Plot Nilai MAPE terhadap nilai parameter untuk beberapa data yang berpola tren negatif.

Perhitungan nilai MAPE menggunakan parameter manual untuk data berpola tren positif diketahui bahwa sebagian besar nilai parameter yang kecil menghasilkan nilai galat peramalan terkecil, selain itu dengan menggunakan parameter manual yang dihitung dari $\alpha = 0,1$ sampai dengan $\alpha = 0,9$ memerlukan banyak waktu dan percobaan berulang kali dalam menemukan nilai parameter yang optimum untuk mencari nilai MAPE minimum.

Hasil nilai MAPE yang diperoleh dari data berpola tren negatif diketahui bahwa tidak semua parameter dengan nilai kecil akan menghasilkan nilai MAPE yang kecil pula.

4.3.2. Peramalan Menggunakan Parameter Optimasi

Langkah perhitungannya sebagai berikut :

1. Mengeset nilai toleransi $\epsilon = 0,00001$, $a = 0$ dan $d = 1$.
2. Menghitung nilai b dan c menggunakan persamaan (6) dan (7).
3. Menghitung nilai fungsi $f(b)$ dan $f(c)$, nilai b dan c ini adalah nilai parameter α yang dicari menggunakan langkah perhitungan MAPE.
4. Menghitung nilai $d - a$ sampai memenuhi nilai toleransi yang ditentukan, jika iterasi maksimum, iterasi selesai, maka nilai $\alpha = b = c$ (konvergen).
5. Membandingkan nilai $f(b)$ dan $f(c)$, menggunakan persamaan (9) dan (10).

Hasil peritungan optimasi dengan nilai parameter yang optimum dapat dilihat pada Tabel 3 untuk optimasi data 1 (tren positif).

Berdasarkan Tabel 3 nilai hasil optimasi parameter diatas pada data 1 yang telah dilakukan, nilai parameter yg optimum menggunakan metode *golden section* terletak pada nilai b dan c yang konvergen dengan nilai $d - a =$ nilai toleransi ($\epsilon = 0,00001$) yang telah

ditetapkan. Sehingga hasil akhir terletak pada iterasi ke 26 dengan nilai parameter optimum adalah $\alpha = 0,14462$ dan nilai MAPE optimum sebesar 7,38916%.

Tabel 3. Proses Perhitungan Mencari Parameter Optimum

Iterasi	b	c	$d - a$	$f(b)$	$f(c)$
1	0.38197	0.61803	1.00000	8.11612	9.17275
2	0.23607	0.38197	0.61803	7.44240	8.11612
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
24	0.14462	0.14462	0.00002	7.38916	7.38916
25	0.14462	0.14463	0.00001	7.38916	7.38916
26	0.14462	0.14462	0.00001	7.38916	7.38916
27	0.14462	0.14462	0.00000	7.38916	7.38916
28	0.14462	0.14462	0.00000	7.38916	7.38916

Berikut hasil optimasi yang dilakukan pada data berpola tren positif menggunakan parameter optimasi, disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Optimasi Parameter Pada Data Berpola Tren Positif

Data	α	MAPE	Data	α	MAPE
1	0,144	7,389	21	0,127	7,828
2	0,092	8,422	22	0,113	6,572
3	0,101	15,435	23	0,089	6,389
4	0,030	10,459	24	0,158	7,890
5	0,163	10,272	25	0,134	7,227
11	0,126	12,663	26	0,108	7,301
12	0,354	6,161	27	0,110	14,226
13	0,151	5,995	28	0,102	7,742
14	0,327	4,400	29	0,134	9,408
15	0,185	7,398	30	0,332	21,494
16	0,189	4,112	31	0,058	11,270
17	0,197	9,207	32	0,341	20,648
18	0,105	7,108	33	0,202	15,876
19	0,032	7,708	34	0,215	12,572
20	0,060	10,264	36	0,162	8,568

Untuk hasil optimasi yang dilakukan pada data berpola tren negatif menggunakan parameter optimasi, disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Optimasi Parameter Pada Data Berpola Tren Negatif

Data	α	MAPE	Data	α	MAPE
6	0,067	14,606	46	0,192	12,002
7	0,063	11,194	47	0,396	23,290
8	0,322	32,497	48	0,270	4,231
9	0,217	25,936	49	0,164	2,124
10	0,441	13,471	50	0,180	6,061
35	0,225	15,810	51	0,108	7,139
37	0,128	13,288	52	0,082	25,218
38	0,108	9,899	53	0,127	17,399
39	0,220	18,133	54	0,093	10,639
40	0,291	26,493	55	0,184	28,803
41	0,129	13,511	56	0,126	5,879
42	0,334	39,492	57	0,070	9,921
43	0,398	8,369	58	0,137	6,495
44	0,114	21,049	59	0,048	35,448
45	0,411	8,018	60	0,890	7,110

4.4 Pengujian dan Evaluasi

Hasil pengujian dan evaluasi yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

4.4.1. Uji T Statistik Nilai MAPE Untuk Parameter Manual dan Parameter Optimasi.

Perhitungan uji t statistik dilakukan menggunakan rumus untuk uji t berpasangan (paired) (16) dan rumus standar deviasi (17). Untuk perhitungan kelompok data berpola tren positif didapat nilai t_{stat} sebesar 3,37547. Dengan nilai *degree of freedom* yaitu $n - 1 = 29$, dan nilai tingkat signifikansi alpha (α) sebesar = 0.05, sehingga didapatkan nilai $t_{crit one tailed}$ sebesar 1.69913 dari t tabel statistik, sehingga:

$$t_{stat} > t_{crit} = 3.37547 > 1.69913$$

Maka hipotesis awal ($H_0: \mu_1 \leq \mu_2$) ditolak (*reject*) dan hipotesis alternatif ($H_1: \mu_1 > \mu_2$) diterima (*accept*) yang menyatakan kelompok parameter manual menghasilkan rata-rata nilai MAPE lebih besar dari parameter optimasi.

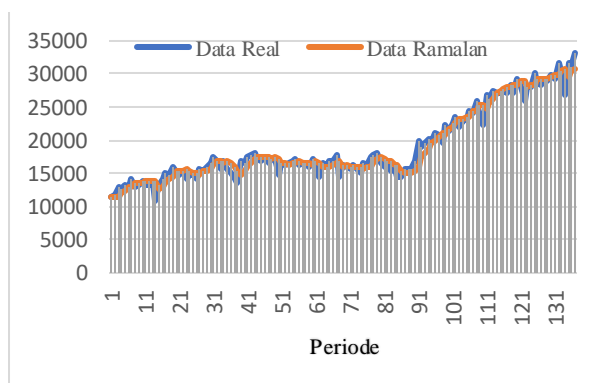
Sedangkan untuk perhitungan kelompok data berpola tren negatif didapat nilai t_{stat} sebesar 3,37696. Dengan nilai *degree of freedom* = $n - 1 = 29$, dan nilai tingkat signifikansi alpha (α) sebesar = 0.05, sehingga didapatkan nilai $t_{crit one tailed}$ sebesar 1.69913 dari t tabel statistik, sehingga :

$$t_{stat} > t_{crit} = 3.37696 > 1.69913$$

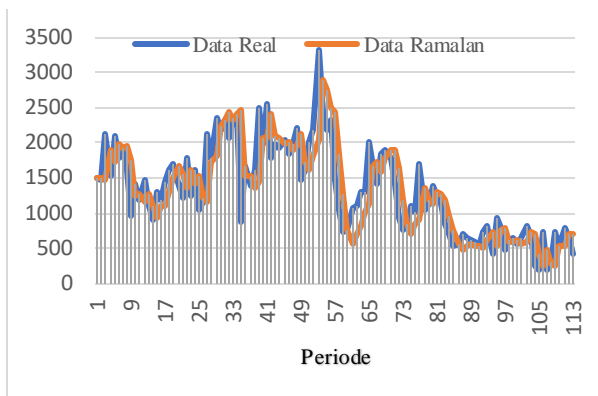
Maka hipotesis awal ($H_0: \mu_1 \leq \mu_2$) ditolak (*reject*) dan hipotesis alternatif ($H_1: \mu_1 > \mu_2$) diterima (*accept*) yang menyatakan kelompok parameter manual menghasilkan rata-rata nilai MAPE lebih besar dari parameter optimasi. Dari kedua perhitungan uji t statistik maka dapat dikatakan bahwa parameter optimasi lebih baik dalam menghasilkan nilai MAPE yang optimum.

4.4.2. Evaluasi Data Berpola Tren Positif dan Negatif Terhadap Nilai MAPE

Didapat hasil peramalan menggunakan parameter optimasi pada salah satu data berpola tren positif dan tren negatif yaitu pada Gambar 4 dan Gambar 5. (plot grafik)



Gambar 4. Plot Perbandingan Data Aktual dengan Data Ramalan pada Data 16



Gambar 5. Plot Perbandingan Data Aktual dengan Data Ramalan pada Data 8

Dari plot grafik hasil peramalan tersebut didapat bahwa Peramalan menggunakan algoritma DES Brown dengan metode optimasi parameter menghasilkan nilai pendekatan terhadap data asli jika data tersebut menunjukkan penambahan atau penurunan nilai di sekitar nilai rata-rata, baik itu data berpola tren positif maupun tren negatif. Sebaliknya, akan menghasilkan nilai MAPE yang tinggi (tidak akurat) jika pada periode nilai data tersebut memiliki lonjakan nilai data.

4.4.3. Penentuan Pola Data Tren Terbaik

Nilai MAPE optimum dari kedua kelompok data tren positif dan negatif yang telah didapat, diuji kembali menggunakan uji t statistik. Uji t yang digunakan adalah *t test independent/unpaired* (tidak berpasangan) dikarenakan data yang diuji menggunakan dari 2 kelompok (populasi) yang berbeda. Sebelum uji t dilakukan, perlu mengetahui kedua kelompok tersebut memiliki varian equal atau tidak equal menggunakan rumus (24) hingga (26). Hasil perhitungan didapat bahwa pada kedua kelompok tersebut memiliki variance unequal dengan $F_{stat} > F_{crit}$.

Selanjutnya menggunakan rumus *t test independent unequal* dari persamaan (22) dan (23), didapatkan hasil $t_{stat} < t_{crit} = -3.09071 < 1.68488$ dengan hipotesis awal ($H_0: \mu_1 \geq \mu_2$) ditolak (*reject*) dan hipotesis alternatif ($H_1: \mu_1 < \mu_2$) diterima (*accept*) yang menyatakan bahwa terdapat perbedaan dari kedua nilai kelompok tersebut dengan nilai rata-rata MAPE pola data tren positif (μ_1) lebih kecil dibanding nilai rata-rata MAPE pola data tren negatif (μ_2). Kelompok data berpola tren positif memperoleh rata-rata nilai MAPE optimum sebesar 9,73401% (*highly accurate*) dan untuk kelompok data berpola tren negatif diperoleh rata-rata nilai MAPE sebesar 15,78467% (*good forecast*).

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka didapat kesimpulan dan saran sebagai berikut:

5.1. Kesimpulan

1. Penggunaan parameter manual memberikan tingkat nilai rata-rata kesalahan peramalan yang tidak tentu bergantung kepada pemilihan interval parameternya dan memerlukan perhitungan yang berulang kali, sementara nilai parameter yang menggunakan metode optimasi *golden section* menghasilkan nilai *error* peramalan yang lebih kecil, dengan uji t statistik yang menyatakan bahwa nilai rata-rata *error* peramalan menggunakan parameter manual (μ_1) lebih besar dibanding nilai rata-rata *error* peramalan menggunakan parameter optimasi (μ_2).
2. Peramalan algoritma DES Brown menggunakan metode optimasi parameter menghasilkan nilai pendekatan terhadap data asli dan pencarian nilai parameter optimum tidak dilakukan berulang kali sehingga menjadi lebih efektif. Nilai rata-rata *error* peramalan akan menghasilkan nilai yang tinggi jika pada data tersebut memiliki lonjakan periode nilai data yang besar (data 8). Data yang berpola tren positif menghasilkan nilai rata-rata MAPE lebih baik dibandingkan data yang berpola tren negatif, dengan uji t statistik yang menyatakan bahwa $H_1: \mu_1 < \mu_2$ yaitu nilai rata-rata MAPE pola data tren positif (μ_1) lebih kecil dibanding nilai rata-rata MAPE pola data tren negatif (μ_2). Dimana nilai rata-rata MAPE yang diperoleh sebesar 9,73401% (*highly accurate*) untuk data berpola tren positif dan 15,78467% (*good forecast*) untuk data berpola tren negatif.

5.2. Saran

1. Menggunakan algoritma peramalan dua parameter untuk data berpola tren positif dan tren negatif dengan modifikasi metode optimasi parameter.
2. Menggunakan metode optimasi parameter satu variabel yang lain seperti metode pencarian seragam (*uniform search*), kuadratis (*quadratic search*) dan turunan pertama (*newton raphson*) untuk proses evaluasi parameter dari faktor kecepatan dan ketepatan dalam peramalan pemulusan eksponensial.
3. Penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan metode pengukuran akurasi peramalan yang lain seperti UMBRAE (*unscaled mean bounded relative absolute error*) sebagai alternatif perbandingan metode pengukuran yang sudah ada sebelumnya.

Daftar Rujukan

- [1] Andini, T. D., dan Auristani, P., 2016. Peramalan Jumlah Stok Alat Tulis Kantor di UD ACHMAD JAYA Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing. *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Informasi ASIA (JITIKA)*, Vol.10, No.1.
- [2] Mahkya, D. A., H. Yasin, dan Mukid, M. A., 2014. Aplikasi Metode Golden Section untuk Optimasi Parameter Pada Metode Exponential Smoothing. *Jurnal Gaussian*, Vol. 3, No.4, pp.605-614.

- [3] Bidangan, J., Purnamasari, I., dan Hayati, N. M., 2016. Perbandingan Peramalan Metode Double Exponential Smoothing Satu Parameter Brown dan Metode Double Exponential Smoothing Dua Parameter Holt. *Jurnal Statistika*, Vol. 4, No. 1.
- [4] Subagyo, Pangestu., 1986. Forecasting Konsep dan Aplikasi. Edisi Kedua. Yogyakarta: BPFE.
- [5] Montgomery, D.C., C.L. Jennings, & M.Kulahci., 2008. Introduction to Time Series Analysis and Forecasting. New Jersey: John Wiley & Sons.Inc.
- [6] Kachru, Upendra., 2007. Production and Operations Management: Text and Cases. First Edition. NewDelhi: Exel Books.
- [7] Kumar, Anil. S, & Suresh. N., 2009. Operations Management. New Delhi: New Age International (P) Limited.
- [8] Makridakis, S., Wheelwright, S.C., McGee, V.E., Andriyanto, U.S(Penerjemah), & Basith, A (Penerjemah), 1988. Metode dan Aplikasi Peramalan. Edisi Kedua Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- [9] Bazaraa, M.S. & C.M. Shetty., 1990. Nonlinear Programming : Theory and Algorithms. New York: John Wiley & Sons.
- [10] Saputra, N, D., Aziz, A., dan Harjito, B., 2016. Parameter Optimization of Brown's and Holt's Double Exponential Smoothing Using Golden Section Method for Predicting Indonesian Crude Oil Price (ICP). *Proc. Int. Conf. on Information Tech., Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE)*, pp.356-360.
- [11] Lewis, C.D., 1982. International and Business Forecasting Methods. London: Butterworths.
- [12] Hartono., 2008. Statistik Untuk Penelitian. Edisi Revisi. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- [13] Sugiyono., 2015. Statistika Untuk Penelitian. Bandung: Alfabeta.
- [14] Hadi, Sutrisno., 2017. Statistik. Edisi Revisi. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- [15] Walpole, R.E., Myers, R.H., Myers, S.L., & Ye Keying., 2007. Probability & Statistics for Engineers & Scientists. Eighth Edition. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- [16] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2017. *Harga Minyak Mentah Indonesia* [Online] Available at: <http://statistik.migas.esdm.go.id/index.php?r=hargaMinyakMentahIndonesia/index>. [Accessed 16 September 2017]
- [17] Badan Pusat Statistik Indonesia, 2017. Ekonomi dan Perdagangan [Online] Available at: <https://www.bps.go.id/>. [Accessed 08 Juni 2017]