

PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI PADA METODE *BROWN'S ONE-PARAMETER DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING* MENGGUNAKAN ALGORITMA NON-LINEAR PROGRAMMING BERBANTUAN MATLAB

Dyah Novalia[✉], Sugiman, Sunarmi

Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Gedung D7 Lt.1, Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang 50299

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Juni 2016

Disetujui Juli 2016

Dipublikasikan Mei 2018

Keywords:

Forecasting, Brown's one-parameter double exponential smoothing, nonlinear programming algorithm.

Abstrak

Pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari Brown merupakan salah satu pemulusan eksponensial dengan satu parameter, yaitu parameter α . Beberapa algoritma *nonlinear programming* dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi. Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah mendapatkan nilai parameter α optimal pada pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari Brown menggunakan algoritma *golden section*, algoritma pencarian dikotomis dan algoritma kuadratis dengan bantuan *software Matlab R2009a*. Hasil perhitungan dari ketiga algoritma tersebut dibandingkan, lalu dilakukan peramalan menggunakan pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari Brown. Pada penelitian ini, proses untuk mendapatkan parameter α optimal dengan menggunakan algoritma *golden section* membutuhkan 16 iterasi hingga didapatkan nilai α optimal sebesar 0,208464 dan MAPE sebesar 0,10719%. Algoritma pencarian dikotomis membutuhkan 13 iterasi hingga didapatkan nilai α optimal sebesar 0,207725 dan MAPE sebesar 0,10720%. Sedangkan algoritma kuadratis membutuhkan 3 iterasi hingga didapatkan nilai α optimal sebesar 0,206883 dan MAPE sebesar 0,10720%. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut maka algoritma kuadratis lebih efektif karena jumlah iterasi yang dibutuhkan lebih sedikit sehingga waktu yang dibutuhkan juga lebih efisien.

Abstract

Brown's one-parameter double exponential smoothing is one of exponential smoothing with a single parameter, the parameter α . Some nonlinear programming algorithms can be used to solve optimization problems. The purpose of this paper is to get the optimum value of the parameter α at a double exponential smoothing algorithm parameters of Brown golden section, dichotomous search algorithm and quadratic algorithms with the help of software Matlab R2009a. The results of the three algorithms were compared, and forecasting using Brown's one parameter double exponential smoothing.

In this study, the process to obtain optimal parameter α using the golden section algorithm requires 16 iterations to obtain the optimal α value of 0,208464 and MAPE of 0,10719%. Dichotomous search algorithm requires 13 iterations to obtain the optimal α value of 0,207725 and MAPE of 0,10720%. While the quadratic algorithms require three iterations to obtain the optimal α value of 0,206883 and MAPE of 0,10720%. Based on the calculation, then the quadratic algorithm is more effective because the number of iterations needed a little more so the time needed is also more efficient.

How to Cite

Novalia D, Sugiman, & Sunarmi. (2018). Perbandingan Hasil Optimasi pada Metode *Brown's One-Parameter Double Exponential Smoothing* Menggunakan Algoritma Non-linear Programming Berbantuan Matlab. *UNNES Journal of Mathematics* 7(1): 18-27.

[✉]Alamat korespondensi:

E-mail: dyahnovalia.4111410010@gmail.com

PENDAHULUAN

Optimasi dapat didefinisikan sebagai proses menemukan kondisi dimana fungsi mencapai nilai maksimum atau minimum. Optimasi fungsi ini lebih sering ditemukan dalam masalah kehidupan sehari-hari yang mensyaratkan beberapa kondisi untuk memperoleh suatu solusi optimal. Salah satunya adalah masalah peramalan dalam menentukan nilai parameter α yang tepat sehingga mendapatkan hasil ramalan yang mendekati data sebenarnya.

Peramalan adalah memperkirakan sesuatu pada waktu yang akan datang berdasarkan data masa lampau yang dianalisis secara ilmiah, khususnya menggunakan metode statistika. Di sini data masa lampau dikumpulkan, dipelajari dan dianalisis, dihubungkan dengan perjalanan waktu yang hasilnya dapat menyampaikan sesuatu yang akan terjadi di masa yang akan datang. Salah satu metode dalam peramalan adalah metode pemulusan eksponensial. Metode pemulusan eksponensial sendiri merupakan suatu metode peramalan rata-rata bergerak yang melakukan pembobotan menurun secara eksponensial terhadap nilai-nilai yang lebih tua (Makridakis, 1998: 79).

Menurut Sirait (2013: 12), pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari *Brown* merupakan metode yang lebih disukai untuk data non-stasioner, karena metode ini mempunyai satu parameter, yaitu parameter α . Metode ini lebih sederhana dibanding metode pemulusan eksponensial yang lain dan lebih efektif jika dibanding pemulusan eksponensial tunggal dan rata-rata bergerak. Nilai parameter dalam pemulusan eksponensial merupakan tetapan yang nilainya berubah-ubah atau tidak diketahui yang berguna sebagai peubah pembantu yang terdapat pada suatu fungsi koordinat yang letaknya diantara 0 dan 1. Nilai parameter α terbaik adalah nilai yang menghasilkan peramalan yang mendekati data sebenarnya. Cara menentukan nilai parameter α terbaik dapat dilakukan dengan optimasi menggunakan algoritma *nonlinear* (Makridakis, 1998: 92) atau menggunakan *trial error*.

Pada percobaan sebelumnya yaitu mengenai optimasi *nonlinear programming* satu parameter pernah dibahas oleh The Jin Ai (1999), optimasi parameter α menggunakan algoritma *nonlinear* menghasilkan nilai parameter α optimal dengan cepat dan tepat. Sedangkan pada cara *trial error* dibutuhkan proses yang panjang dan berulang-ulang sampai didapatkan nilai parameter α yang optimal. Oleh karena itu, agar diperoleh nilai peramalan yang mendekati data sebenarnya dengan cara yang terbaik, maka diperlukan optimasi nilai parameter α menggunakan algoritma

nonlinear. Beberapa algoritma *nonlinear* yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah algoritma *golden section*, algoritma pencarian dikotomis dan algoritma kuadratis. Algoritma *golden section* menggunakan prinsip mengurangi daerah batas α yang mungkin menghasilkan harga fungsi obyektif optimum (maksimum atau minimum) secara iteratif. Misalkan pada suatu tahap iterasi harga fungsi optimum mungkin terletak pada interval $\alpha[a, d]$. Kemudian tentukan dua harga α yang simetris dalam interval tersebut, misal b dan c , dan interval kemungkinan fungsi berharga optimum dikurangi dari $[a, d]$ menjadi $[a, c]$ atau $[b, d]$ tergantung dari harga fungsi di $\alpha = b$ dan di $\alpha = c$ (Mahkya, 2014: 607). Selanjutnya algoritma pencarian dikotomis. Algoritma ini merupakan pencarian untuk meminimumkan fungsi unimodal pada interval $[a, d]$ menggunakan titik tengah. Hal ini diasumsikan bahwa jarak minimum dari dua titik terpisah dimana fungsi ini akan dievaluasi pada setiap iterasi setidaknya $error > 0$. Dan yang terakhir adalah algoritma kuadratis. Algoritma ini menggunakan dasar interpolasi fungsi ke bentuk persamaan kuadrat $f(\alpha) = a\alpha^2 + b\alpha + c$ dalam mencari nilai optimum (Nurhidayati, 2012: 2). Algoritma-algoritma *nonlinear programming* yang digunakan tersebut memiliki kelebihan yang sama yaitu mengurangi daerah batas pada setiap iterasinya dan nilai parameter α optimum terletak pada interval akhir.

Penelitian ini membahas langkah menyelesaikan masalah peramalan dan membandingkan algoritma-algoritma *nonlinear programming* yang digunakan dalam penetapan parameter α optimal pada pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari *Brown*. Dengan data yang digunakan adalah data nilai ekspor Provinsi Jawa Tengah Periode Januari 2009 sampai Oktober 2015. Untuk mempermudah aplikasi sistem, akan disusun sistem aplikasi optimasi dan prediksi pada metode pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari *Brown* menggunakan algoritma *nonlinear programming* berbantu *Graphical User Interface (GUI)* MATLAB. Tujuan penelitian ini adalah untuk lebih mengetahui tentang penggunaan algoritma *nonlinear programming* dalam mencari nilai α optimal sehingga didapatkan data ramalan yang lebih akurat. Dan dengan adanya data ramalan yang lebih akurat diharapkan dapat meningkatkan nilai ekspor guna menambah pemasukan anggaran negara.

METODE PENELITIAN

Penyelesaian masalah dilakukan dengan membuat diagram alur, membuat perangkat lunak sistem analisis parameter α yang dibuat menggunakan *software* Matlab R2009a, selanjutnya dengan menggunakan MAPE dan nilai α optimal yang ditampilkan oleh sistem dapat digunakan untuk meramalkan data ekspor Provinsi Jawa Tengah periode ke depan menggunakan pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari Brown.

Proses pembuatan diagram alur untuk masing-masing algoritma *nonlinear programming* yang digunakan dalam mengoptimalkan parameter α pada pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari Brown dilakukan sebelum pelaksanaan pembuatan perangkat lunak. Berikut langkah-langkah analisis beserta diagram alur untuk masing-masing algoritma *nonlinear programming* yang digunakan, yaitu algoritma *golden section*, algoritma pencarian dikotomis dan algoritma kuadratis.

Algoritma *Golden Section*

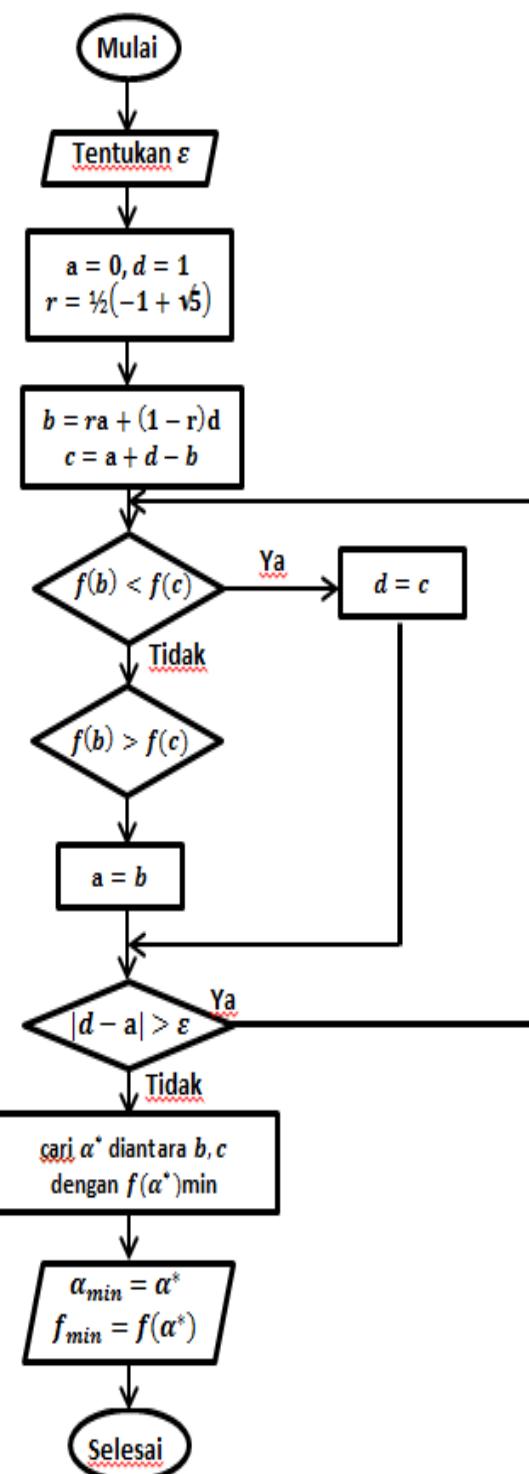
Langkah-langkah analisis algoritma *golden section* untuk menentukan parameter α pada metode pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari Brown adalah sebagai berikut.

1. Menentukan batas bawah (a), batas atas (d) dan nilai toleransi batas berhentinya iterasi (ε). Untuk metode pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari Brown batas bawah bernilai 0, batas atas bernilai 1 dan batas toleransi berhentinya iterasi $\varepsilon = 0,001\%$.
2. Menghitung nilai *Golden Ratio* (R).
3. Menentukan harga awal untuk parameter,

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

$$c = a + d - b$$
4. Mencari $f(\alpha)$ minimum diantara kombinasi $\alpha_i = b, c$.
5. Mengurangi batas interval berdasarkan kriteria *golden section*, yaitu:
 - Jika $f(b) > f(c)$ maka $a = b$
 - Jika $f(b) < f(c)$ maka $d = c$
6. Mengulangi langkah 5 dan 6 sampai $|d - a| < \varepsilon$.
7. Mencari $f(\alpha^*)$ minimum diantara kombinasi $\alpha^* = a, b, c, d$.
8. Menentukan hasil $\alpha_{min} = \alpha^*$ dan $f_{min} = f(\alpha^*)$

Diagram alur algoritma *golden section* ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alur Algoritma *Golden Section*

Algoritma Pencarian Dikotomis

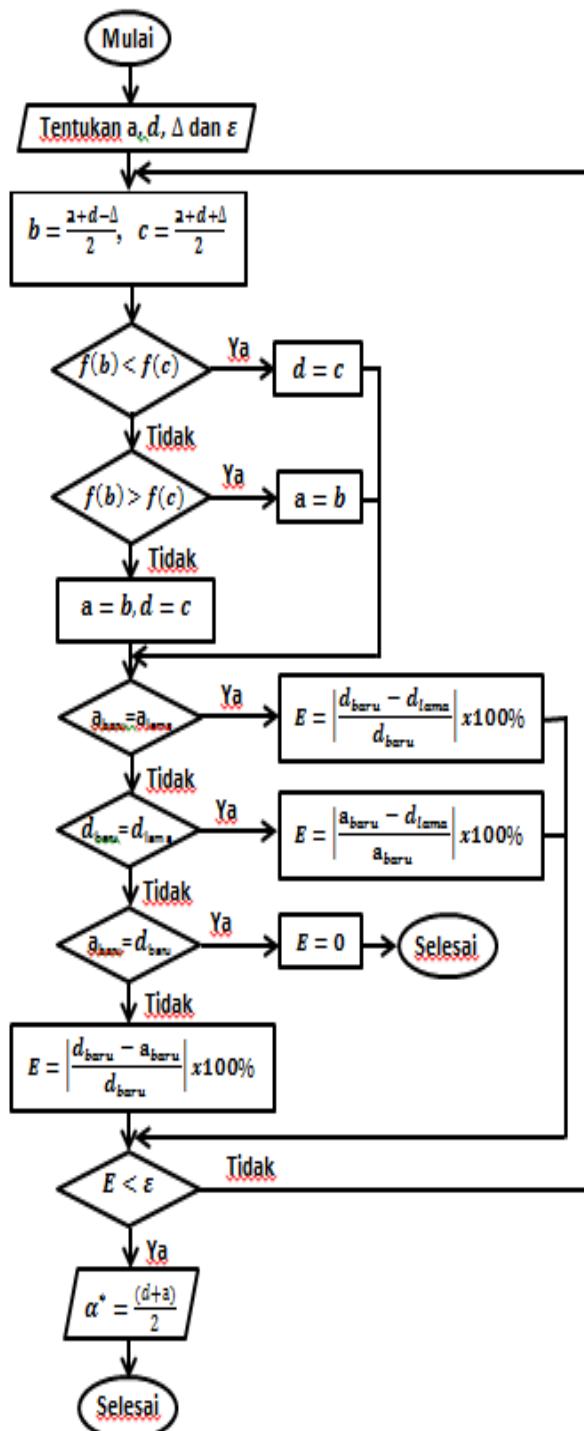
Langkah-langkah analisis algoritma pencarian dikotomis untuk menentukan parameter α pada metode pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari Brown adalah sebagai berikut.

1. Langkah pertama untuk mendapatkan parameter α yang optimal adalah memasukkan nilai batas bawah (a), batas atas (d), nilai toleransi batas berhentinya iterasi (ε) dan selisih panjang antara b dan c (Δ). Untuk metode pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari Brown nilai a dan d berturut-turut bermakna 0 dan 1. Nilai ε adalah toleransi batas berhentinya iterasi, dimana iterasi akan berhenti saat nilai $E = \left| \frac{d-a}{d} \right| \times 100\%$ kurang dari nilai $\varepsilon = 0,001\%$.
2. Menentukan titik b dan c sedemikian hingga,

$$b = \frac{a+d-\Delta}{2}$$

$$c = \frac{a+d+\Delta}{2}$$
3. Mencari nilai $f(b)$ dan $f(c)$, dengan $f(b)$ merupakan hasil MAPE dari b dan $f(c)$ merupakan hasil MAPE dari c .
4. Setelah mendapat nilai $f(b)$ dan $f(c)$ maka berlaku tiga kasus sebagai berikut.
 - Jika $f(b) < f(c)$ maka nilai c akan menggantikan nilai d pada iterasi selanjutnya.
 - Jika $f(b) > f(c)$ maka nilai b akan menggantikan nilai a pada iterasi selanjutnya.
 - Jika $f(b) = f(c)$ maka nilai b akan menggantikan nilai a dan nilai c akan menggantikan nilai d pada iterasi selanjutnya.
5. Uji perubahan nilai pada a dan d untuk mendapatkan nilai *error* (E), yaitu:
 - Jika a_{baru} sama dengan a_{lama} maka didapat nilai $E = \left| \frac{d_{baru} - d_{lama}}{d_{baru}} \right| \times 100\%$.
 - Jika d_{baru} sama dengan d_{lama} maka didapat nilai $E = \left| \frac{a_{baru} - d_{lama}}{a_{baru}} \right| \times 100\%$.
 - Jika a_{baru} sama dengan d_{baru} maka didapat nilai $E = 0$.
 - Jika tidak memenuhi ketiga pengujian maka nilai $E = \left| \frac{d_{baru} - a_{baru}}{d_{baru}} \right| \times 100\%$.
6. Ulangi dari langkah 2 sampai mendapatkan nilai $E < \varepsilon$.
7. Menentukan nilai α optimal $\alpha^* = \frac{(d+a)}{2}$.

Diagram alur algoritma pencarian dikotomis ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram Alur Algoritma Pencarian Dikotomis

Algoritma Kuadratis

Langkah-langkah analisis algoritma kuadratis untuk menentukan parameter α pada metode pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari Brown adalah sebagai berikut.

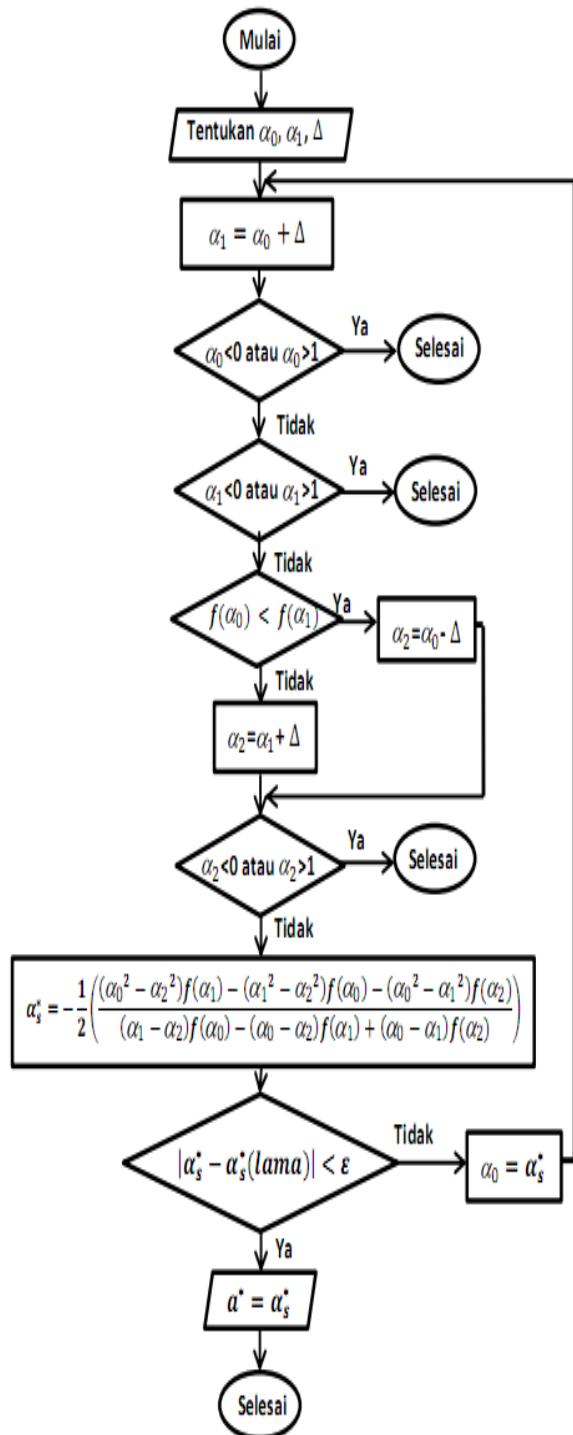
1. Fungsi kuadrat $(\alpha) = a\alpha^2 + b\alpha + c$ merupakan bentuk umum dari persamaan polinomial orde 2 yang melalui $n + 1$ titik, dengan n merupakan jumlah dari variable α berpangkat bilangan bulat. Karena persamaan fungsi kuadrat berorde 2 maka tinjau tiga buah titik $(\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2)$.
 2. Tentukan nilai α_0, Δ dan ε . Nilai α_0 adalah titik pendekatan awal yaitu 0,1. Δ adalah panjang langkah perhitungan dan nilai ε akan menjadi batas berhentinya proses iterasi yaitu $\varepsilon = 0,001\%$.
 3. Hitung $\alpha_1 = \alpha_0 + \Delta$.
 4. Mencari nilai $f(\alpha_0)$ dan $f(\alpha_1)$.
 5. Titik α_2 dipilih berdasarkan syarat berikut.
 - Jika $f(\alpha_0) < f(\alpha_1)$ maka $\alpha_2 = \alpha_0 - \Delta$.
 - Jika $f(\alpha_0) > f(\alpha_1)$ maka $\alpha_2 = \alpha_0 + \Delta$.
 6. Mencari nilai $f(\alpha_2)$ seperti pada pengujian nilai α_0 dan α_1 .
 7. Menentukan nilai α_s^* (parameter α yang optimal dan sementara).
 - Dari persamaan fungsi kuadrat $f(\alpha) = a\alpha^2 + b\alpha + c$ dipilih titik $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$ sehingga:

$$f(\alpha_0) = a\alpha_0^2 + b\alpha_0 + c$$

$$f(\alpha_1) = a\alpha_1^2 + b\alpha_1 + c$$

$$f(\alpha_2) = a\alpha_2^2 + b\alpha_2 + c$$
 - Dengan menyelesaikan $f(\alpha_0), f(\alpha_1), f(\alpha_2)$ didapatkan nilai a dan b .
 - Untuk mendapatkan nilai minimum dari persamaan umum fungsi kuadrat $f(\alpha) = a\alpha^2 + b\alpha + c$ dapat diperoleh menggunakan turunan pertama, sehingga:

$$\alpha^* = \frac{-b}{2a}$$
 - Subtitusikan nilai a dan b ke persamaan $\alpha^* = \frac{-b}{2a}$ diperoleh:
$$\alpha^* = -\frac{1}{2} \left(\frac{(\alpha_0^2 - \alpha_2^2)f(\alpha_1) - (\alpha_1^2 - \alpha_2^2)f(\alpha_0) - (\alpha_0^2 - \alpha_1^2)f(\alpha_2)}{(\alpha_1 - \alpha_2)f(\alpha_0) - (\alpha_0 - \alpha_2)f(\alpha_1) + (\alpha_0 - \alpha_1)f(\alpha_2)} \right)$$
 8. Uji apakah $|\alpha_s^* - \alpha_s^*(\text{lama})| < \varepsilon$, dimana nilai $\alpha_s^*(\text{lama})$ pada iterasi pertama tidak ada, maka perhitungan *errornya* dimulai pada iterasi kedua. Jika $|\alpha_s^* - \alpha_s^*(\text{lama})| < \varepsilon$ maka iterasi akan berhenti dan didapatkan nilai α yang optimal sama dengan α_s^* .



Gambar 3 Diagram Alur Algoritma Kuadratis

Diagram alur algoritma kuadratis ini dapat dilihat pada Gambar 3.

Proses selanjutnya adalah membuat simulasi sistem analisis untuk menentukan nilai parameter α optimal pada metode pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari Brown menggunakan algoritma *nonlinear programming* berbantuan *software* Matlab R2009a. Proses pembuatan perangkat lunak sistem analisis ini menggunakan model sekuensial linear, yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Model Sekuensial Linear

Menurut Pressman (2002:37), sekuensial linear mengusulkan sebuah pendekatan kepada perkembangan perangkat lunak yang sistematis dan sekuensial yang mulai pada tingkat dan kemajuan sistem pada seluruh analisis, desain, kode, pengujian, dan pemeliharaan. Tahap analisis merupakan tahap menganalisis hal-hal yang diperlukan dalam pelaksanaan pembuatan perangkat lunak. Pada tahap ini dilakukan proses pembuatan diagram alur untuk masing-masing algoritma *nonlinear programming* yang digunakan dalam mengoptimalkan parameter α pada pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari Brown. Tahap desain merupakan tahap penerjemahan dari data yang dianalisis ke dalam bentuk yang mudah dimengerti oleh *user*. Pada tahap ini dilakukan proses desain sistem analisis terhadap data nilai ekspor Provinsi Jawa Tengah periode Januari 2009 sampai Oktober 2015. Sistem analisis ini dirancang dengan menggunakan *software* GUI Matlab R2009a, yaitu *software* yang memiliki *tools* yang dapat memudahkan dalam proses pembuatan program. Tahap pengkodean merupakan tahap penerjemahan data atau pemecahan masalah yang telah dirancang ke dalam

bahasa pemrograman tertentu. Tahapan inilah yang merupakan tahapan secara nyata dalam mengerjakan suatu sistem. Pada tahapan ini dilakukan pengkodean dari desain sistem analisis ke dalam bahasa pemrograman dari *software* Matlab R2009a. Selanjutnya yaitu tahap pengujian terhadap perangkat lunak sistem analisis yang dibangun. Pengujian sistem dilakukan dengan memperhatikan hasil analisis parameter α pada pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari Brown menggunakan beberapa algoritma *nonlinear programming* dari data nilai ekspor Provinsi Jawa Tengah yang telah diinputkan ke dalam sistem. Untuk mengetahui algoritma *nonlinear programming* mana yang lebih baik dalam proses analisis parameter α dapat dilihat dari nilai *error* terkecil dan jumlah iterasi paling sedikit sehingga algoritma tersebut lebih efektif dan efisien digunakan dalam penentuan parameter α . Selain itu untuk mengetahui apakah sistem bekerja dengan tepat maka dilakukan perbandingan hasil *software* Matlab dengan perhitungan secara manual berbantu *software* Microsoft Excel. Tahap terakhir yaitu pemeliharaan, ini merupakan tahap akhir di mana suatu perangkat lunak yang sudah selesai dapat mengalami perubahan-perubahan atau penambahan sesuai dengan permintaan *user*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

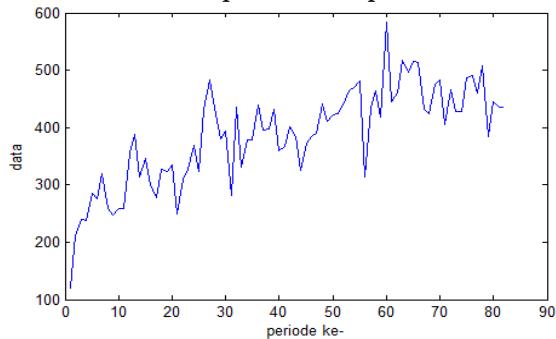
Data yang digunakan adalah data nilai ekspor Provinsi Jawa Tengah periode Januari 2009 sampai Oktober 2015. Data diperoleh dari BRS (Berita Resmi Statistik) yang diterbitkan setiap bulan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Jawa Tengah dan dicantumkan dalam satuan juta US\$. Data nilai ekspor Provinsi Jawa Tengah yang digunakan dalam analisis parameter α dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Nilai Ekspor Provinsi Jawa Tengah Periode Januari 2009 sampai Oktober 2015

| Bulan | Nilai Ekspor (Juta US\$) | | | | | | |
|-----------|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
| Januari | 119,49 | 387,36 | 323,55 | 395,41 | 411,18 | 445,49 | 427,01 |
| Februari | 211,69 | 314,47 | 431,12 | 398,37 | 422,01 | 459,96 | 428,34 |
| Maret | 238,86 | 347,10 | 483,67 | 432,02 | 423,85 | 517,65 | 487,62 |
| April | 237,30 | 300,23 | 434,27 | 358,64 | 440,24 | 495,53 | 490,77 |
| Mei | 284,87 | 278,39 | 380,50 | 366,77 | 464,59 | 514,63 | 461,01 |
| Juni | 275,04 | 327,43 | 394,15 | 401,36 | 470,10 | 513,06 | 507,18 |
| Juli | 319,16 | 323,57 | 281,21 | 384,49 | 480,94 | 431,28 | 384,24 |
| Agustus | 259,47 | 334,04 | 436,19 | 325,95 | 313,88 | 424,31 | 445,00 |
| September | 247,10 | 249,20 | 331,67 | 371,90 | 432,82 | 476,39 | 436,43 |
| Oktober | 259,52 | 309,83 | 378,00 | 384,69 | 464,03 | 483,50 | 435,33 |
| November | 258,40 | 327,45 | 377,68 | 390,81 | 419,38 | 405,28 | |
| Desember | 355,56 | 369,51 | 439,51 | 440,79 | 583,55 | 466,61 | |

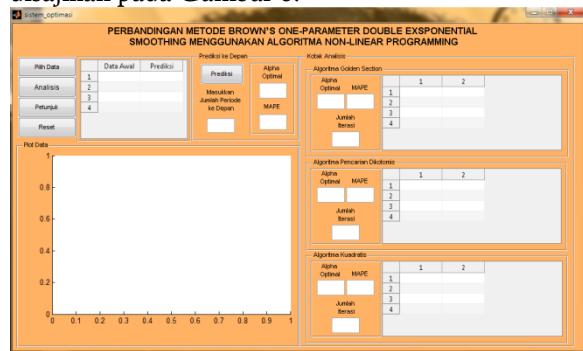
Sumber: Berita Resmi Statistik BPS Jawa Tengah

Data tersebut setelah dibentuk plot *time series* membentuk pola tren naik dan juga beberapa titik musiman. Hal ini seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Grafik Nilai Ekspor Provinsi Jawa Tengah Periode Januari 2009 sampai Oktober 2015

Sistem analisis parameter α dibuat dengan mengaplikasikan fungsi-fungsi dari *software Matlab R2009a* guna menentukan nilai α optimal pada metode pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari Brown, kemudian meramalkannya. Tampilan sistem analisis yang digunakan ini disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6 Tampilan Sistem Analisis

Tabel 2 Hasil Analisis Algoritma *Golden Section*

| iterasi ke- | a | b | c | d | f(b) | f(c) | Error (%) |
|-------------|--------|--------|--------|--------|----------|----------|-----------|
| 1 | 0 | 0,3820 | 0,6180 | 1,0000 | 0,115691 | 0,130341 | 1,0000 |
| 2 | 0 | 0,2361 | 0,3820 | 0,6180 | 0,108090 | 0,115691 | 0,6180 |
| 3 | 0 | 0,1459 | 0,2361 | 0,3820 | 0,109021 | 0,108090 | 0,3820 |
| 4 | 0,1459 | 0,2361 | 0,2918 | 0,3820 | 0,108090 | 0,110799 | 0,2361 |
| 5 | 0,1459 | 0,2016 | 0,2361 | 0,2918 | 0,107253 | 0,108090 | 0,1459 |
| 6 | 0,1459 | 0,1803 | 0,2016 | 0,2361 | 0,107958 | 0,107253 | 0,0902 |
| 7 | 0,1803 | 0,2016 | 0,2148 | 0,2361 | 0,107253 | 0,107301 | 0,0557 |
| 8 | 0,1803 | 0,1935 | 0,2016 | 0,2148 | 0,107497 | 0,107253 | 0,0344 |
| 9 | 0,1935 | 0,2016 | 0,2067 | 0,2148 | 0,107253 | 0,107203 | 0,0213 |
| 10 | 0,2016 | 0,2067 | 0,2098 | 0,2148 | 0,107203 | 0,107201 | 0,0132 |
| 11 | 0,2067 | 0,2098 | 0,2117 | 0,2148 | 0,107201 | 0,107221 | 0,0081 |
| 12 | 0,2067 | 0,2086 | 0,2098 | 0,2117 | 0,107190 | 0,107201 | 0,0050 |
| 13 | 0,2067 | 0,2078 | 0,2086 | 0,2098 | 0,107195 | 0,107190 | 0,0031 |
| 14 | 0,2078 | 0,2086 | 0,2090 | 0,2098 | 0,107190 | 0,107194 | 0,0019 |
| 15 | 0,2078 | 0,2083 | 0,2086 | 0,2090 | 0,107192 | 0,107190 | 0,0012 |
| 16 | 0,2083 | 0,2086 | 0,2087 | 0,2090 | 0,107190 | 0,107192 | 0,0007 |

Dari Gambar 6 terdapat *pushbutton* Pilih Data, Analisis, Petunjuk, Reset dan Prediksi. *Pushbutton* Pilih Data berfungsi untuk melakukan proses pengambilan data .xlsx yang akan digunakan sebagai proses optimasi parameter α pada pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari Brown menggunakan algoritma *non-linear programming*. *Pushbutton* Analisis berfungsi untuk melakukan proses analisis parameter α pada pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari Brown menggunakan algoritma *nonlinear programming*. *Pushbutton* Petunjuk berfungsi untuk menampilkan eksposisi singkat mengenai instruksi menjalankan program sistem optimasi parameter α pada pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari Brown menggunakan algoritma *nonlinear programming*. *Pushbutton* Reset berfungsi untuk menghapus semua masukan nilai dan juga hasil keluaran yang dihasilkan oleh sistem. *Pushbutton* Prediksi berfungsi untuk melakukan proses peramalan setelah proses optimasi parameter α pada pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari Brown menggunakan algoritma *nonlinear programming*.

Akan dilihat keefektifan masing-masing hasil algoritma *nonlinear programming* yang digunakan dalam menentukan parameter α . Algoritma yang digunakan antara lain: algoritma *golden section*, algoritma pencarian dikotomis dan algoritma kuadratis. Berikut adalah hasil analisis sistem berdasarkan masing-masing algoritma.

Algoritma *Golden Section*

Hasil iterasi program menggunakan algoritma *golden section* dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut.

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa, pada iterasi ke-16 nilai *error* 0,0007% kurang dari 0,001% maka iterasi berhenti dengan nilai α optimal (α^*) diantara a, b, c, d dengan $f(\alpha^*)_{\min} = 0,2086$ dan MAPE sama dengan 0,10719%.

Algoritma Pencarian Dikotomis

Hasil iterasi program menggunakan algoritma pencarian dikotomis dapat dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3 Hasil Analisis Algoritma Pencarian Dikotomis

| iterasi ke- | a | b | c | d | Error (%) |
|-------------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| 1 | 0 | 0,4950 | 0,5050 | 1,0000 | 100,00 |
| 2 | 0 | 0,2475 | 0,2575 | 0,5050 | 0,9802 |
| 3 | 0 | 0,1238 | 0,1338 | 0,2575 | 0,9612 |
| 4 | 0,1238 | 0,1856 | 0,1956 | 0,2575 | 1,0808 |
| 5 | 0,1856 | 0,2166 | 0,2266 | 0,2575 | 0,3872 |
| 6 | 0,1856 | 0,2011 | 0,2111 | 0,2266 | 0,1366 |
| 7 | 0,2011 | 0,2088 | 0,2188 | 0,2266 | 0,1266 |
| 8 | 0,2011 | 0,2050 | 0,2150 | 0,2188 | 0,0356 |
| 9 | 0,2011 | 0,2030 | 0,2130 | 0,2150 | 0,0177 |
| 10 | 0,2011 | 0,2021 | 0,2121 | 0,2130 | 0,0094 |
| 11 | 0,2021 | 0,2025 | 0,2125 | 0,2130 | 0,0539 |
| 12 | 0,2025 | 0,2028 | 0,2128 | 0,2130 | 0,0519 |
| 13 | 0,2025 | 0,2027 | 0,2127 | 0,2128 | 0,0009 |

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa, pada iterasi ke-13 nilai *error* 0,0009% kurang dari 0,001% maka iterasi berhenti dengan nilai α optimal adalah $\alpha^* = \frac{(d+a)}{2} = \frac{(0,2128+0,2025)}{2} = 0,2077$ dan MAPE sama dengan 0,107196%.

Algoritma Kuadratis

Hasil iterasi program menggunakan algoritma kuadratis dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4 Hasil Analisis Algoritma Kuadratis

| iterasi ke- | α_0 | α_1 | α_2 | alpha optimal | Error (%) |
|-------------|------------|------------|------------|---------------|------------|
| 1 | 0,1000 | 0,1100 | 0,1200 | 0,196441 | 100,000000 |
| 2 | 0,1964 | 0,2064 | 0,2164 | 0,206926 | 0,0104848 |
| 3 | 0,2069 | 0,2169 | 0,1969 | 0,206882 | 0,0000433 |

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa, pada iterasi ke-3 nilai *error* 0,0000433% kurang dari 0,001% maka iterasi berhenti dengan nilai α optimal sama dengan 0,206883 dan MAPE = 0,107201%.

Setelah diperoleh hasil analisis parameter α menggunakan beberapa algoritma *nonlinear programming*, langkah selanjutnya akan dilakukan proses perbandingan. Berikut telah disajikan pada Tabel 5 untuk perbandingan hasil analisis masing-masing algoritma *nonlinear programming*.

Tabel 5 Hasil Perbandingan Algoritma *Non-Linear Programming*

| Metode | Jumlah Iterasi | Error (%) | Parameter Optimum | MAPE (%) |
|-------------------------------|----------------|-----------|-------------------|----------|
| Algoritma Golden Section | 16 | 0,000733 | 0,208464 | 0,10719 |
| Algoritma Pencarian Dikotomis | 13 | 0,000940 | 0,207725 | 0,10720 |
| Algoritma Kuadratis | 3 | 0,000043 | 0,206883 | 0,10720 |

Dari hasil analisis yang telah dipaparkan pada Tabel 5, penentuan algoritma mana yang lebih efektif diantara ketiga algoritma *nonlinear programming* dilihat pada iterasi keberapa nilai *error* akhirnya kurang dari 0,001%.

Proses untuk mendapatkan parameter α optimal dengan menggunakan algoritma *golden section* akan berhenti ketika nilai *error* kurang dari 0,001% yaitu pada iterasi ke-16 saat nilai *error*-nya sama dengan 0,000733%. Kemudian

menggunakan algoritma pencarian dikotomis akan berhenti ketika nilai *error* kurang dari 0,001% yaitu pada iterasi ke-13 saat nilai *error*-nya sama dengan 0,000940%. Sedangkan menggunakan algoritma kuadratis, nilai *error*-nya lebih kecil dari 0,001% pada iterasi ke-3, yaitu saat nilai *error*-nya sama dengan 0,000043%. Maka algoritma kuadratis lebih efektif karena mempunyai nilai *error* lebih kecil dan efisien karena mempunyai jumlah iterasi lebih sedikit daripada algoritma *golden section* dan

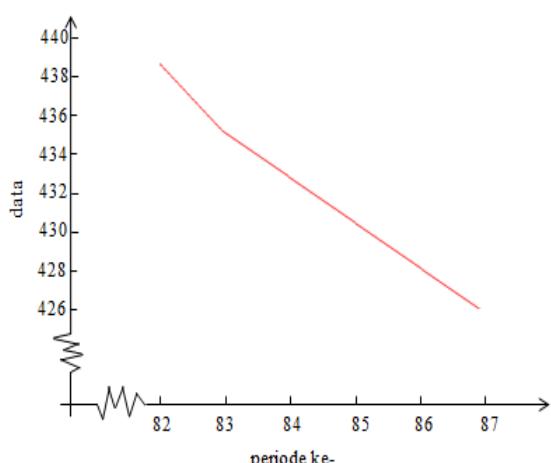
algoritma pencarian dikotomis untuk mendapatkan parameter α yang optimal pada pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari Brown.

Setelah diperoleh hasil analisis parameter α optimal, langkah selanjutnya akan dilakukan proses peramalan untuk periode waktu mendatang. Hasil peramalan untuk lima periode waktu mendatang menggunakan metode pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari Brown dengan parameter α yang telah optimal dapat dilihat pada Tabel 6 sebagai berikut.

Tabel 6 Hasil Ramalan 5 Periode ke Depan

| Periode | Ramalan |
|---------|----------|
| 1 | 435,0877 |
| 2 | 432,8317 |
| 3 | 430,5757 |
| 4 | 428,3197 |
| 5 | 426,0637 |

Dapat dilihat pada hasil ramalan untuk lima periode mendatang terjadi penurunan nilai ekspor. Hal tersebut merupakan suatu hal yang sangat tidak diharapkan oleh pemerintah yang bersangkutan. Untuk itu pemerintah diharapkan dapat meningkatkan nilai ekspor melalui kebijakan-kebijakan ekspor untuk periode mendatang. Grafik penurunan nilai ekspor pada lima periode mendatang dapat dilihat pada Gambar 7 sebagai berikut.



Gambar 7 Grafik Ramalan Nilai Ekspor Provinsi Jawa Tengah dalam 5 Periode ke Depan

PENUTUP

Simpulan

Dari hasil penelitian, analisis data, perancangan, pembuatan, pengujian sistem hingga meramalkan data menggunakan parameter α optimal yang sebelumnya sudah dianalisis menggunakan algoritma *nonlinear programming* pada pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari Brown ini,

didapatkan simpulan antara lain; (a) langkah yang digunakan untuk menentukan nilai parameter α optimal pada pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari Brown menggunakan algoritma *nonlinear programming* berbantuan *software Matlab R2009a* adalah memilih data nilai ekspor Provinsi Jawa Tengah dengan menekan tombol ‘Pilih Data’ pada simulasi program, kemudian tekan tombol ‘Analisis’ untuk menentukan nilai parameter α optimal, isikan 5 sebagai jumlah periode kedepan yang akan diramalkan dan tekan tombol ‘Prediksi’ untuk mulai meramalkan data nilai ekspor Provinsi Jawa Tengah; (b) berdasarkan hasil analisis pada simulasi program dapat dilihat bahwa algoritma yang lebih efektif untuk mendapatkan parameter α optimal pada pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari Brown adalah algoritma kuadratis dengan nilai *error* terkecil pada saat iterasi mencapai kurang dari 0,001% dan mempunyai jumlah iterasi yang lebih sedikit sehingga waktu yang dibutuhkan lebih efisien; (c) Hasil ramalan akan menghasilkan nilai yang baik dengan menggunakan parameter α optimal = 0,20688, terbukti dengan MAPE yang dihasilkan yaitu sebesar 0,107201%.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian maka saran yang dapat disampaikan antara lain: (a) Perlu penelitian lebih lanjut dengan menggunakan metode pencarian nilai optimal lain untuk membandingkan dengan algoritma *nonlinear programming* yang digunakan; (b) Obyek penelitian dapat juga dikembangkan pada pemulusan eksponensial dengan multiparameter dan algoritma *nonlinear programming* yang digunakan adalah algoritma untuk mencari nilai parameter α optimal dengan multiparameter; (c) Simulasi program analisis parameter α juga perlu dicoba dengan menggunakan *software* selain Matlab R2009a untuk mengetahui *software* mana yang lebih cepat dan mudah untuk digunakan.

Daftar Pustaka

- Ai, T. J. 1999. Optimasi Peramalan Pemulusan Eksponensial Satu Parameter dengan Menggunakan Algoritma *Nonlinear Programming*. *Jurnal Teknologi Industri*, 3(3): 139-148.
- Mahkya, D., H. Yasin, & M. A. Mukid. 2014. Aplikasi Metode *Golden Section* untuk Optimasi Parameter pada Metode *Exponensial Smoothing*. *Jurnal Gaussian*, 3(4): 605-614.
- Makridakis, S. 1998. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Nurhidayati, E. N. 2012. Penggunaan Algoritma *Nonlinear Programming* untuk Mengoptimalkan

- Parameter Alpha dalam Metode Pemulusan Eksponensial Satu Parameter.* Surabaya: Institut Sepuluh November.
- Pressman, R.S., 2002. *Rekayasa Perangkat Lunak Pendekatan Praktisi.* Volume I. Yogyakarta: Andi.
- Sirait, P. 2013. Aplikasi Metode Pemulusan Eksponensial Ganda Brown dalam Meramalkan Jumlah Penduduk Berdasarkan Jenis Kelamin di Kota Medan. *Saintia Matematika*, 1(1): 11-18.