

Optimasi Parameter Pada Metode Peramalan Grey Holt - Winter Exponential Smoothing Dengan Golden Section

Parameter Optimization in Grey Holt – Winter Exponential Smoothing Using Golden Section

Hegar Winda Tresnani ^{*1}, Agus Sihabuddin ², Khabib Mustofa ³

^{1,2,3}Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta

e-mail: ^{*1}hegar.winda26@gmail.com, ^{2a}sihabudin@ugm.ac.id, ³khabib@ugm.ac.id

Abstrak

Grey Holt-Winter Exponential Smoothing merupakan gabungan dari metode *grey* dan *eksponential smoothing* yang digunakan untuk melakukan peramalan pada data *time series* berpola *trend* dan musiman dengan keacakan, ketidakteraturan dan keterbatasan informasi data yang ada. Nilai parameter pemulusan level (α), *trend* (β) dan musiman (γ) pada metode *Grey Holt – Winters* mempengaruhi kinerja model peramalan. Metode *Grey Holt – Winters* belum memberikan cara memilih nilai optimal parameter *smoothing* untuk meminimalkan nilai ukuran kesalahan peramalan. Pada penelitian ini digunakan metode *Golden Section* untuk mendapatkan nilai optimal parameter *smoothing*nya.

Metode *Golden Section* memiliki konsep dasar mempersempit selang daerah asal, sehingga didapatkan nilai optimal parameter *smoothing* pada peramalan *Grey Holt–Winters*. Pada penelitian ini digunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) untuk mengukur kesalahan peramalan. Hasil penelitian berupa perbandingan nilai MAPE *Grey - Holt Winter Exponential Smoothing* menggunakan optimasi parameter *Golden Section* dengan MAPE yang dihasilkan oleh metode *Grey - Holt Winter Exponential Smoothing* menggunakan *trial and error*. Dataset yang digunakan pada penelitian ini adalah data Tingkat Penghunian Kamar (TPK) Hotel Bintang di Daerah Istimewa Yogyakarta dari bulan Januari 2008 – Desember 2017.

Berdasarkan hasil pengujian, pada pengujian sebanyak 96 data dihasilkan kesalahan peramalan minimum berdasarkan metode konvensional *Grey Holt Winter Exponential Smoothing* sebesar 16.06%, sedangkan kesalahan peramalan minimum yang dihasilkan oleh metode *Grey Holt Winter Exponential Smoothing* dengan *Golden Section* adalah sebesar 13.92% dengan nilai parameter optimal yang diusulkan adalah α sebesar 0.146, β sebesar 0.010 dan γ sebesar 0.146.

Kata kunci: peramalan, *exponential smoothing*, *grey holt - winter exponential smoothing*, *golden section*

Abstract

Grey Holt-Winter Exponential Smoothing is a combination of *Grey* and *exponential smoothing* methods used to forecast seasonal trends and seasonal time series data with randomness, irregularity and limited data information that available. The parameter values for smoothing level (α), *trend* (β) and seasonal (γ) in the *Grey Holt - Winter* method affect the performance of the forecasting model. The *Grey Holt - Winter Method* has not yet provided a way to select the optimal value of the smoothing parameter to minimize the size value of the forecast error. In this research, the *Golden Section* method is used to obtain the optimal value of the smoothing parameter.

The *Golden Section* method has the basic concept of narrowing the interval of the origin area, so that the optimal value of the smoothing parameter is obtained in the *Grey Holt-*

Winters forecasting. Mean Absolute Percentage Error (MAPE) is used to measure forecasting errors. The results of this research are comparison MAPE generated by the conventional method of Grey-Holt Winter Exponential Smoothing method with MAPE of Grey-Holt Winter Exponential Smoothing values using Golden Section parameter optimization. The data set used in this research is the Room Occupancy Rate of Star Hotel in Special Region of Yogyakarta from January 2008 - December 2017.

Based on the test result for the data testing in amount of 96, obtained a minimum forecasting error based on the conventional method of Grey Holt Winter Exponential Smoothing is 16.06%, while the forecasting error minimum produced by the Grey Holt Winter Exponential Smoothing method with the Golden Section is 13.92% with the optimal parameter value proposed is α equal to 0.146, β is 0.010 and γ is 0.146.

Keywords: forecasting, exponential smoothing, grey holt - winter exponential smoothing, golden section

1. Pendahuluan

Berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi yang terjadi saat ini disertai dengan semakin ketatnya persaingan di dunia bisnis. Dalam sebuah bisnis, manajemen sangat diperlukan untuk menetapkan tujuan usaha dan mewujudkan proses tercapainya tujuan usaha tersebut, dimana peramalan memiliki peran penting sebagai bahan pendukung untuk manajemen dalam mengambil keputusan mengenai kemungkinan situasi dan resiko yang dapat terjadi pada periode berikutnya. Ishak (2010) menyatakan bahwa peramalan merupakan bagian awal dari suatu proses pengambilan keputusan di sebuah perusahaan, sehingga peramalan perlu dilakukan secara ilmiah.

Banyak peneliti telah melakukan penelitian peramalan dengan berbagai teknik peramalan. Xia (2014) menyebutkan bahwa teknik peramalan dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu model klasik dan model heuristik. Model klasik umumnya berdasarkan algoritma matematika dan statistik, salah satu model klasik yang sering digunakan adalah metode *exponential smoothing*. Sedangkan metode heuristik melibatkan penggunaan algoritma *machine learning* dan *evolutionary computation*. Meskipun memiliki algoritma perhitungan yang berbeda, namun kedua teknik peramalan memiliki tujuan yang sama yaitu meningkatkan keakuratan peramalan.

Model peramalan *Grey* diusulkan pertama kali oleh Deng (1982) sebagai alternatif yang menjanjikan untuk peramalan *time series*. *Accumulated generating operator* secara luas digunakan dalam teori sistem *grey* karena kemampuannya dalam melakukan *smoothing* (pemulusan) pada data asli yang acak. Penerapan teori *grey* terlihat pada analisis sistem, data pengolahan, pemodelan, peramalan, pengambilan keputusan dan kontrol (Hsu, 2003). Penelitian Wu (2016) menggunakan metode *Grey Double Exponential Smoothing* terhadap peramalan harga babi di China menunjukkan tren stabil dalam jangka pendek dengan hasil perhitungan *Grey Double Exponential Smoothing* lebih baik dari model peramalan lainnya. Zeng - Wen (2010) mengusulkan metode *grey* dan *exponential smoothing* untuk meramalkan polusi air di Cina. Metode *Exponential Smoothing* dan *accumulated generating operator* dapat menangani sangat sedikit data.

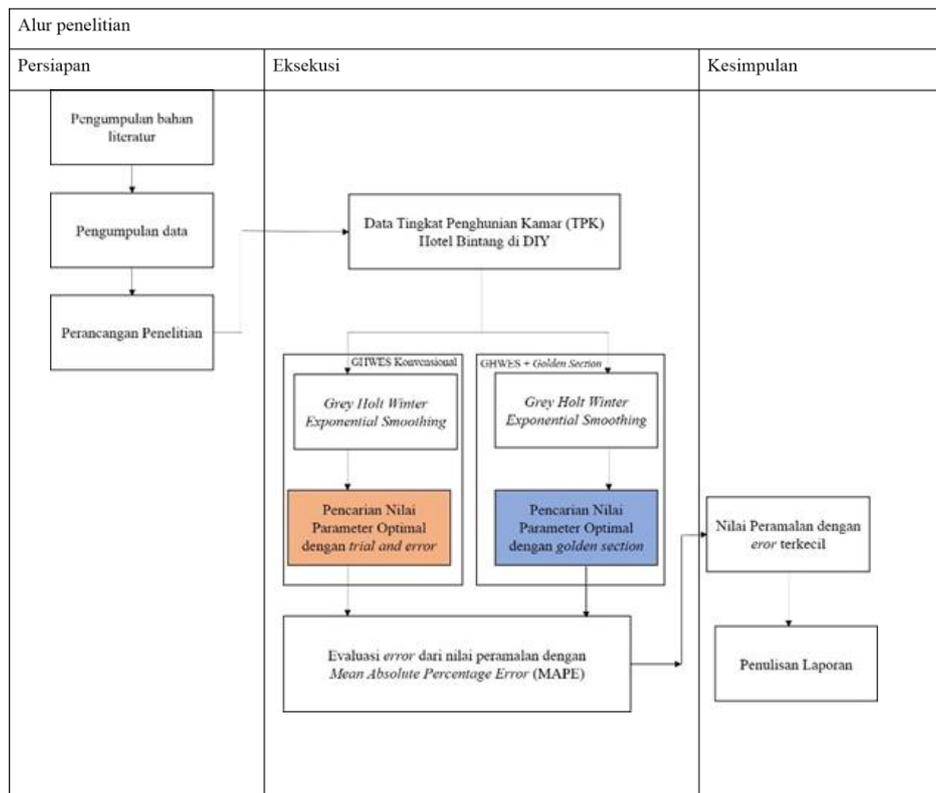
Teori sistem *grey* berkaitan dengan sistem yang tidak pasti dengan informasi yang diketahui secara parsial melalui pembangkitan dan penggalian informasi yang berguna dari apa yang tersedia. Di alam ini, sistem yang tidak pasti dengan sampel kecil dan kekurangan informasi secara umum ada. Kenyataan ini menentukan luasnya penerapan teori sistem *grey*. Dari pemikiran tersebut, dikembangkan metode peramalan dinamakan *Grey Holt* -

Winter Exponential Smoothing (GHWES), dimana merupakan *inheritance* dari metode *exponential smoothing* yang kemudian digabungkan dengan metode *grey*.

Nilai parameter pada metode *Grey Holt–Winters* mempengaruhi kinerja model peramalan, namun metode *Grey Holt–Winters* belum memberikan cara untuk memilih nilai optimal untuk parameter *smoothing*-nya. Pendekatan untuk menentukan parameter optimum biasanya menggunakan *trial* dan *error*. Meski sudah digunakan secara luas dalam bidang apapun, namun metode *trial* dan *error* masih memiliki hasil yang belum efisien untuk mendapatkan akurasi terbaik. Yuwida *et al* (2012) menunjukkan bahwa penggunaan gabungan metode *Golden Section* dan *Double Exponential Smoothing* dapat meningkatkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) daripada konvensional *Double Exponential Smoothing*.

Penelitian ini mengembangkan metode *Grey Holt – Winter Exponential Smoothing* dengan metode *Golden Section* untuk menemukan optimasi parameter *smoothing* terbaik sehingga didapatkan kesalahan peramalan minimum. Pengujian juga dilakukan pada metode Konvensional *Grey Holt – Winter Exponential Smoothing* kemudian hasilnya dibandingkan dengan metode yang diusulkan untuk mengetahui kinerja model peramalan.

2. Metode Penelitian



Gambar 1. Alur Penelitian

Penelitian ini mengembangkan metode *grey holt winter exponential smoothing* dengan optimasi parameter menggunakan *golden section*. Pada alur penelitian yang digambarkan pada Gambar 1 terdiri dari beberapa tahapan yaitu tahap persiapan berupa pengumpulan bahan literatur, pengumpulan data dan perancangan penelitian, kemudian

tahap selanjutnya adalah eksekusi yang berupa tahap pengembangan model *Grey Holt – Winter Exponential Smoothing* dengan optimasi parameter *Golden Section* kemudian membandingkan model Konvensional *Grey Holt – Winter Exponential Smoothing* dengan metode yang diusulkan untuk mengetahui kinerja model yang diusulkan dan tahap terakhir adalah penarikan kesimpulan terhadap penelitian yang telah dilakukan.

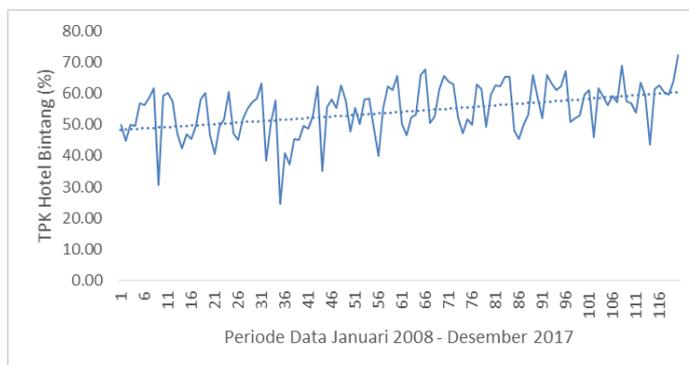
2.1 Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data Tingkat Penghunian Kamar (TPK) Hotel Bintang di propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta periode Januari 2008 – Desember 2017. Data diperoleh dari BRS (Berita Resmi Statistik) yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Pusat. Data nilai Tingkat Penghunian Kamar Hotel (TPK) Bintang DIY dicantumkan dalam satuan persen (%), yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1, Tingkat Penghunian Kamar Hotel Bintang DIY Periode Jan 2008 – Des 2017

Bulan	Tingkat Penghunian Kamar Hotel Bintang (%)									
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Jan	49,93	47,09	47,28	37,40	57,65	50,12	52,38	48,21	50,80	57,61
Feb	44,76	42,36	45,19	45,47	47,76	46,68	47,33	45,32	52,00	57,00
Mar	50,08	46,77	51,80	45,20	55,25	52,42	51,71	49,84	52,97	53,83
Apr	49,61	45,33	55,00	49,77	50,27	53,36	49,95	53,16	59,53	63,66
Mei	56,93	49,64	57,21	48,62	58,18	65,92	63,02	65,90	61,16	59,19
Jun	56,16	58,00	58,50	53,10	58,40	67,61	61,45	58,73	45,92	43,57
Jul	58,81	60,25	63,17	62,45	48,92	50,68	49,43	52,11	61,73	61,48
Agst	61,81	46,73	38,47	35,06	39,87	52,51	59,63	65,85	59,07	62,55
Sept	30,55	40,62	50,64	55,74	55,49	61,32	62,77	63,17	56,21	60,54
Okt	59,34	49,48	57,78	58,21	62,43	65,62	62,29	61,03	59,39	59,74
Nop	60,25	51,71	24,59	55,27	60,99	63,74	65,26	62,22	57,13	63,87
Des	57,38	60,59	40,92	62,56	65,62	63,07	65,22	67,11	69,11	72,16

2.2 Pola Data



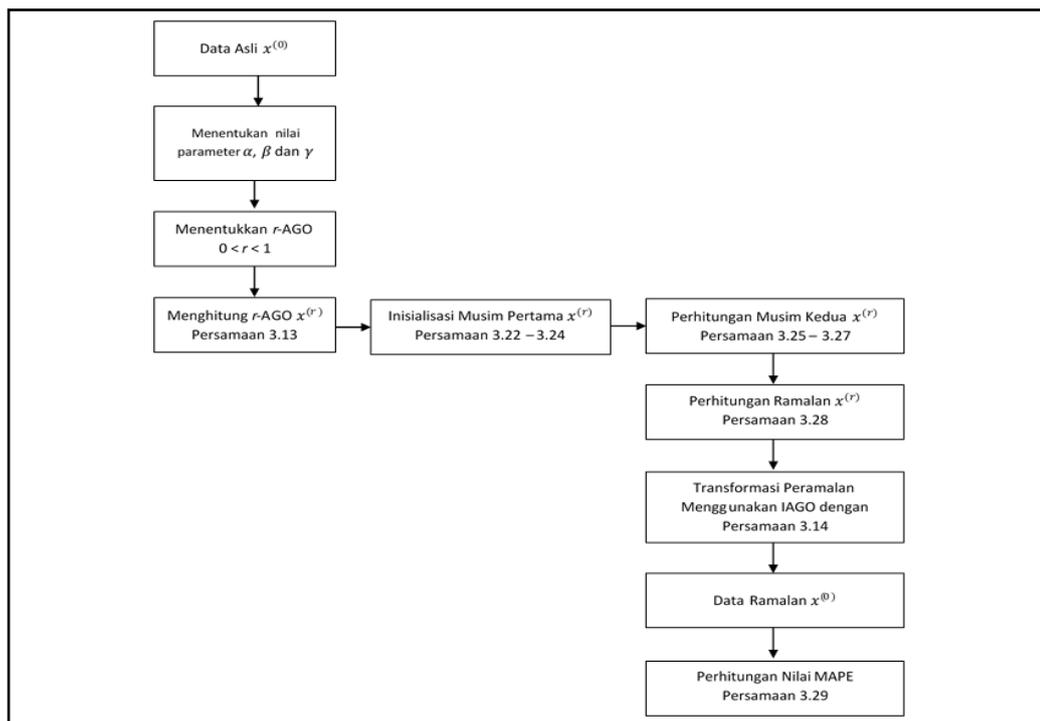
Gambar 2. Pola data TPK Hotel DIY Januari 2008 – Desember 2017

Pola data sangat berperan dalam peramalan, untuk menghasilkan data peramalan yang tepat. Pada metode *Grey Holt – Winter Exponential Smoothing* data yang cocok adalah

data yang mengandung *trend* dan *seasonal*. Data Tingkat Penghunian Kamar (TPK) Hotel Bintang di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta periode Januari 2008 – Desember 2017 setelah dibentuk plot time series membentuk pola tren naik yang digambarkan pada garis putus dan juga beberapa titik musiman yang membentuk amplitudo pada grafik seperti terlihat pada Gambar 2.

2.3 Peramalan Konvensional Grey Holt – Winter Exponential Smoothing

Metode *Grey Holt – Winter Exponential Smoothing* merupakan gabungan dari metode *grey* dan metode *exponential smoothing* yang digunakan untuk menghitung peramalan data *time series* yang mengandung *trend* dan juga musiman. Metode *Grey* digunakan untuk memuluskan efek gangguan acak pada data, dan pada metode *exponential smoothing* terdapat parameter pembobot untuk memberikan bobot tambahan pada perubahan terbaru untuk memperoleh kesalahan minimal. Nilai parameter pada *Grey Holt – Winter Exponential Smoothing* mempengaruhi kinerja model peramalan, pada umumnya untuk mendapatkan nilai parameter pada *Grey Holt – Winter Exponential Smoothing* adalah dengan cara *trial and error* sehingga pada penelitian ini disebut dengan konvensional *Grey Holt – Winter Exponential Smoothing*. Proses peramalan dengan konvensional *Grey Holt – Winter Exponential Smoothing* digambarkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Peramalan Konvensional Grey Holt – Winter Exponential Smoothing

Peramalan konvensional *Grey Holt Winter Exponential Smoothing* pada penelitian ini dijabarkan sebagai berikut :

Langkah 1. Menampilkan barisan data asli atau data historis yang dinotasikan sebagai x^0 .

Langkah 2. Menentukan nilai parameter α , β dan γ yang akan digunakan pada peramalan menggunakan *trial and error* (pada penelitian ini digunakan nilai parameter α , β dan γ dari paper peneliti lain).

Langkah 3. Menentukan nilai $r - \text{AGO}$ yang akan digunakan sebagai pembangkit operasi akumulasi yang dinotasikan sebagai $x^{(r)}$. Nilai r yang dianjurkan adalah antara 0 – 1, jika nilai $r = 0$, maka *Grey Holt–Winter exponential smoothing* sama dengan metode *Holt–Winter exponential smoothing*.

Langkah 4. Langkah berikutnya adalah menghitung pembangkitan data asli dengan nilai $r - \text{AGO}$ yang sudah ditentukan.

Langkah 5. Masuk ke dalam perhitungan peramalan, dengan insialisasi awal parameter musim pertama *grey holt winter exponential smoothing* dengan data $x^{(r)}$.

Langkah 6. Setelah mendapat nilai awal musim pertama *grey holt winter exponential smoothing*, kemudian menghitung parameter pada musim kedua menggunakan data $x^{(r)}$.

Langkah 7. Menghitung peramalan untuk m periode ke depan dengan peramalan data $x^{(r)}$.

Langkah 8. Mengembalikan nilai peramalan yang sudah didapat kembali ke bentuk semula yang dinotasikan dengan $x^{(0)}$ menggunakan *inverse accumulated generating operator* (IAGO).

Langkah 9. Menghitung kesalahan peramalan menggunakan *Mean Absolute Error* (MAPE)

2.4 Parameter Grey Holt - Winter Exponential Smoothing

Metode *Grey Holt – Winter Exponential Smoothing* secara langsung dipengaruhi oleh parameter pemulusan. Pada metode *holt – winter* parameter pemulusannya diuraikan menjadi 3 yaitu parameter pemulusan level yang dilambangkan dengan α , parameter pemulusan *trend* yang dilambangkan dengan β dan pemulusan musiman yang dilambangkan dengan γ . Parameter pemulusan pada metode *grey holt – winter exponential smoothing* ini bukan merupakan tingkat signifikansi, tapi merupakan *smoothing constant* yang memiliki nilai antara 0 - 1. Setiap data diberi bobot tertentu dengan memberikan bobot lebih besar pada data yang paling baru, di sini letak keeksponensialan metode. Contoh pada parameter pemulusan level, bobot yang digunakan untuk data paling baru adalah α , dan data yang lebih lama diberi bobot $\alpha(\alpha-1)$.

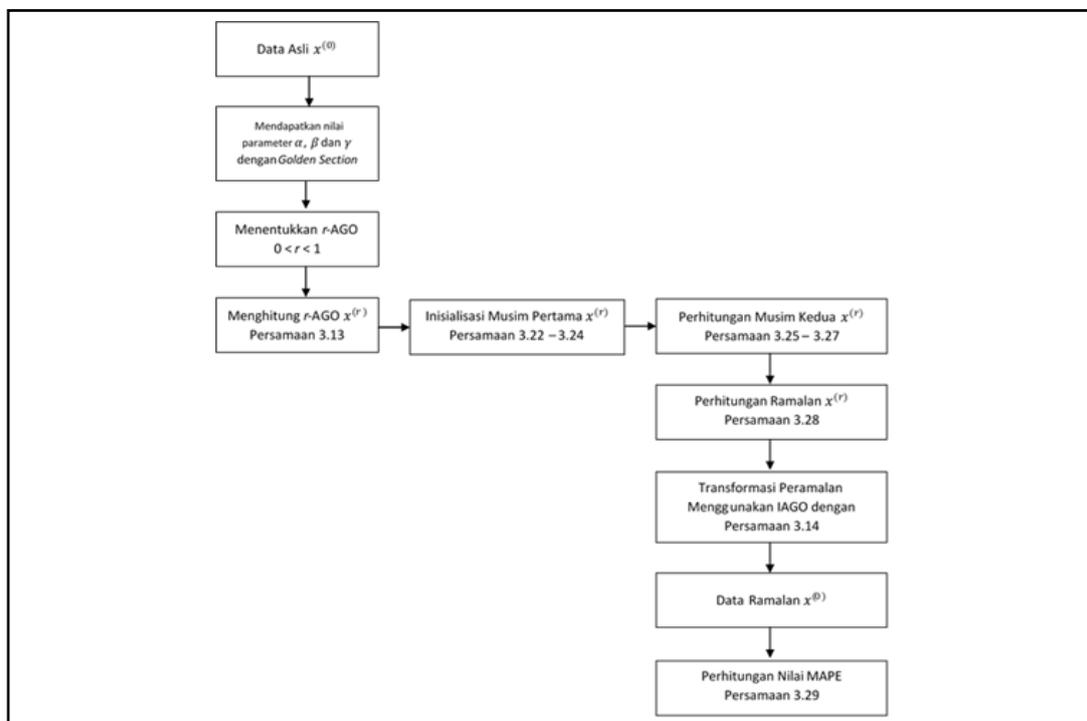
2.5 Peramalan Grey Holt – Winter Exponential Smoothing dengan Golden Section

Optimasi merupakan suatu proses untuk mencari kondisi yang optimum, optimasi bisa berupa maksimasi atau minimasi. Golden section merupakan salah satu metode optimasi numerik untuk menyelesaikan NLP (Non – Linear Programming) satu variabel yang dapat diterapkan pada fungsi unimodal. Metode ini menggunakan prinsip mempersempit interval daerah asal, dengan memanfaatkan nilai yang lama sebagai nilai yang baru secara iterative (berulang), sebagai akibatnya rentang atau interval awal variabel yang dipilih semakin lama akan semakin menyempit hingga diperoleh tingkat konvergensi yang diinginkan. Perhitungan metode Golden Section menggunakan fungsi objektif untuk menentukan parameter smoothing optimumnya. Pada metode *Grey Holt – Winter Exponential Smoothing* untuk mendapatkan parameter pemulusan level (α), trend (β) dan

musiman (γ) dapat dilihat dari nilai MAPE terkecil, sehingga yang menjadi fungsi objektif pada metode Golden Section pada penelitian ini adalah MAPE.

2.6 Rancangan Peramalan Data Menggunakan Optimasi Parameter Pada Grey Holt – Winter Exponential Smoothing Dengan Golden Section

Metode Grey Holt – Winter belum memberikan cara untuk menentukan nilai parameter smoothing untuk mendapatkan kesalahan minimum, sehingga digunakan metode Golden Section untuk mendapatkan nilai parameter α , β dan γ . Metode Golden Section menggunakan prinsip mengurangi daerah batas parameter α , β dan γ yang mungkin menghasilkan harga fungsi obyektif minimum. Untuk mendapatkan parameter α , β dan γ yang optimal dapat dilihat dari nilai MAPE yang terkecil, sehingga fungsi obyektif pada metode Grey Holt – Winter Exponential Smoothing dengan Golden Section adalah MAPE.



Gambar 4. Peramalan Grey Holt – Winter Exponential Smoothing dengan Golden Section

Peramalan Konvensional *Grey Holt Winter Exponential Smoothing* dengan *Golden Section* berdasarkan gambar 4 pada penelitian ini dijabarkan sebagai berikut :

Langkah 1. Menampilkan barisan data asli atau data historis yang dinotasikan sebagai x^0 .

Langkah 2. Menentukan nilai parameter α , β dan γ dengan menggunakan metode *Golden Section*.

Langkah 3. Menentukan nilai r – AGO yang akan digunakan sebagai pembangkit operasi akumulasi yang dinotasikan sebagai $x^{(r)}$. Nilai r yang dianjurkan adalah antara 0 – 1, jika nilai $r = 0$, maka *grey holt – winter exponential smoothing* = metode *holt – winter exponential smoothing*.

Langkah 4. Langkah berikutnya adalah menghitung pembangkitan data asli dengan nilai r – AGO yang sudah ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$x^{(r)}(k) = \sum_{i=1}^k \binom{k-i+r-1}{k-i} ax^0(i); k = 1, 2, 3, 4, \dots, n$$

Dimana :

$$\binom{r-1}{0} = 1, \binom{k-1}{k} = 0, \binom{k-i+r-1}{k-i} = \frac{(r+k-i-1)(r+k-i-2)\dots(r+1)r}{(k-i)!}$$

Langkah 5. Masuk ke dalam perhitungan peramalan, dengan insialisasi awal parameter musim pertama *grey holt winter exponential smoothing* menggunakan persamaan di bawah ini :

$$L_s = \frac{1}{s} (x^{(r)}(1) + x^{(r)}(2) + \dots + x^{(r)}(n))$$

$$b_s = \frac{1}{s} \left[\frac{x^{(r)}_{t+1} - x^{(r)}(1)}{s} + \frac{x^{(r)}_{t+2} - x^{(r)}(2)}{s} + \dots + \frac{x^{(r)}_{t+n} - x^{(r)}(n)}{s} \right]$$

$$S_1 = x^{(r)}(1) - L_s, S_2 = x^{(r)}(2) - L_s, \dots, S_s = x^{(r)}_s - L_s$$

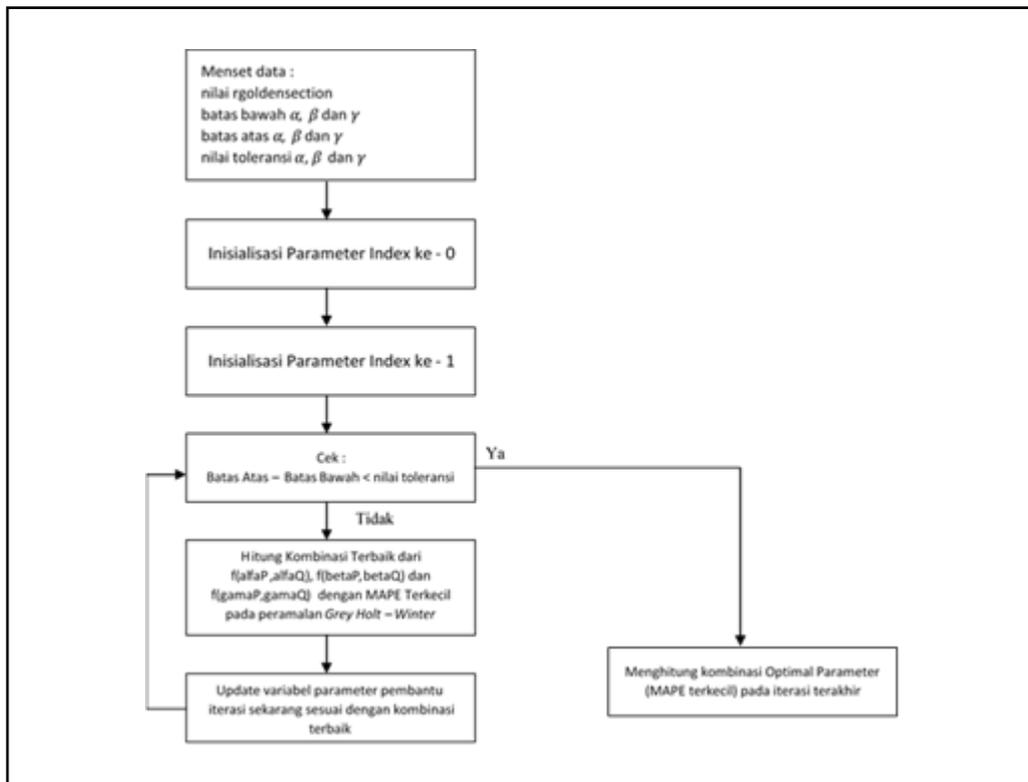
dengan L_s menunjukkan level, b_s menunjukkan tren, dan S_s menunjukkan komponen musiman.

Langkah 6. Setelah mendapat nilai awal musim pertama *grey holt winter exponential smoothing*, kemudian menghitung parameter pada musim kedua, digunakan data $x^{(r)}$ dalam perhitungan musim kedua, dengan persamaan sebagai berikut :

$$L_t = \alpha(x^{(r)}_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

$$S_t = \gamma(x^{(r)}_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s}$$



Gambar 5. Proses Metode Pencarian Optimasi Parameter dengan *Golden Section*

Langkah 7. Menghitung peramalan untuk m period ke depan menggunakan peramalan data $x^{(r)}$ dengan persamaan :

$$F_{t+m} = (L_t + b_{tm} + S_{t-s+m})$$

Langkah 8. Mengembalikan nilai peramalan yang sudah didapat kembali ke bentuk semula yang dinotasikan dengan $x^{(0)}$ menggunakan *inverse accumulated generating operator* (IAGO) pada persamaan :

$$x^{(-r)} = {}^{(1)}x^{(1-r)} = \{ {}^{(1)}x^{(1-r)}(1), {}^{(1)}x^{(1-r)}(2), \dots, {}^{(1)}x^{(1-r)}(n) \}$$

dimana,

$${}^{(1)}x^{(1-r)}(k) = x^{(1-r)}(k+1) - x^{(1-r)}(k).$$

Langkah 9. Menghitung kesalahan peramalan menggunakan *Mean Absolute Error* (MAPE).

Pencarian parameter optimal pada metode Peramalan *Grey Holt Winter Exponential Smoothing* dengan *Golden Section* berdasarkan gambar 4 pada penelitian ini dijabarkan sebagai berikut :

Langkah 1. Untuk memulai algoritma *golden section* diperlukan inialisasi awal untuk data yang akan digunakan. Pada penelitian ini diperlukan 3 parameter yaitu α , β dan γ sehingga perhitungan menggunakan 3 variabel yang diinisialisasi terlebih dahulu. Seperti menentukan:

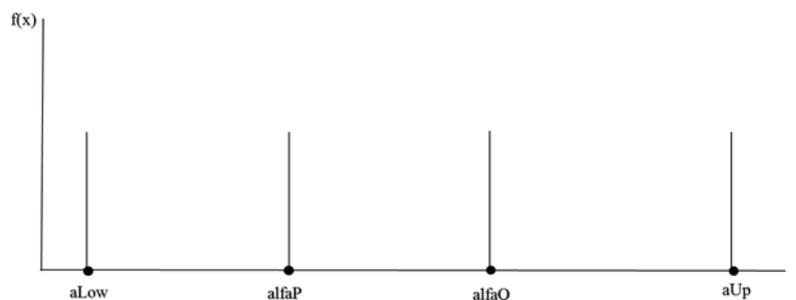
Nilai *rgoldensection* = 0.618

Batas bawah untuk alfa yang dinotasikan dengan *aLow*, batas bawah untuk *beta* yang dinotasikan dengan *bLow*, batas bawah untuk γ yang dinotasikan dengan *gLow* dengan nilai awal masing-masing = 0

Batas atas untuk alfa yang dinotasikan dengan *aUp*, batas atas untuk *beta* yang dinotasikan dengan *bUp*, batas atas untuk γ yang dinotasikan dengan *gUp* dengan nilai akhir masing-masing 1

Nilai toleransi sebagai tanda berhentinya iterasi pada masing – masing parameter yang dinotasikan dengan toleransialfa, toleransibeta, dan toleransi γ dengan nilai masing-masing 0.005

Langkah 2. Pada penelitian ini, index iterasi dimulai dari angka 0, sehingga perhitungan awal iterasi yaitu menghitung inialisasi awal index ke – 0. Untuk menghitung iterasi perhitungan parameter dilakukan dengan menotasikan variabel bantuan untuk masing – masing parameter, yaitu : batas bawah = alfaP, betaP dan gamaP sedangkan untuk batas atas = alfaQ, betaQ dan gamaQ. Inialisasi awal adalah dengan memasukkan nilai *aLow*, *bLow*, *gLow* pada notasi alfaP, betaP,dan gamaP.



Gambar 6. Interval awal *Golden Section* untuk parameter Alfa

Langkah 3. Setelah index ke-0, kemudian menentukan nilai index ke – 1 pada penelitian ini menggunakan 3 variabel sehingga perhitungannya lebih kompleks. Perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. $\text{alfaP}(1) = \text{rgoldensection} * \text{aLow} + (1 - \text{rgoldensection}) * \text{aUp}$
2. $\text{betaP}(1) = \text{rgoldensection} * \text{bLow} + (1 - \text{rgoldensection}) * \text{bUp}$
3. $\text{gamaP}(1) = \text{rgoldensection} * \text{gLow} + (1 - \text{rgoldensection}) * \text{gUp}$
4. $\text{alfaQ}(1) = (1 - \text{rgoldensection}) * \text{aLow} + \text{rgoldensection} * \text{aUp}$
5. $\text{betaQ}(1) = (1 - \text{rgoldensection}) * \text{bLow} + \text{rgoldensection} * \text{bUp}$
6. $\text{gamaQ}(1) = (1 - \text{rgoldensection}) * \text{gLow} + \text{rgoldensection} * \text{gUp}$

Langkah 4. Langkah berikutnya adalah mengecek apakah $\text{aUp} - \text{aLow} < \text{toleransialfa}$, $\text{bUp} - \text{bLow} < \text{toleransibeta}$, $\text{gUp} - \text{gLow} < \text{toleransigama}$ pada index ke – 1 untuk menentukan apakah iterasi akan berhenti atau harus dilanjutkan mencari nilai lain dengan iterasi berikutnya, karena belum memenuhi syarat tersebut. Ketika nilai $\text{aUp} - \text{aLow} < \text{toleransialfa}$, $\text{bUp} - \text{bLow} < \text{toleransibeta}$, $\text{gUp} - \text{gLow} < \text{toleransigama}$ sudah terpenuhi, maka langsung menuju ke **Langkah 7**. Jika belum terpenuhi, langkah berikutnya adalah pada **Langkah 5**.

Langkah 5. Langkah ini dilakukan ketika $\text{aUp} - \text{aLow} < \text{toleransialfa}$, $\text{bUp} - \text{bLow} < \text{toleransibeta}$, $\text{gUp} - \text{gLow} < \text{toleransigama}$ tidak terpenuhi. Ketika salah satu dari nilai parameter terdeteksi masih ada yang lebih besar dari nilai toleransi, kemudian menghitung kombinasi terbaik dari $f(Y)$ dengan MAPE terkecil pada peramalan *Grey Holt – Winter Exponential Smoothing*. Pada metode *Grey Holt – Winter Exponential Smoothing* untuk mendapatkan parameter pemulusan level (α), *trend* (β) dan musiman (γ) dapat dilihat dari nilai MAPE terkecil, sehingga yang menjadi fungsi obyektif pada metode *Golden Section* pada penelitian ini adalah nilai MAPE yang dihitung dengan persamaan 3.29. Pada penelitian ini terdapat 3 variabel parameter yang akan dihitung titik minimalnya untuk mendapatkan MAPE terkecilnya, sehingga menggunakan kombinasi perhitungan untuk menemukan MAPE terkecilnya, kombinasi yang dapat digunakan adalah sebagai berikut :

- $$Y_1 = \text{alfaP}, \text{betaP}, \text{gamaP}$$
- $$Y_2 = \text{alfaP}, \text{betaP}, \text{gamaQ}$$
- $$Y_3 = \text{alfaP}, \text{betaQ}, \text{gamaP}$$
- $$Y_4 = \text{alfaP}, \text{betaQ}, \text{gamaQ}$$
- $$Y_5 = \text{alfaQ}, \text{betaP}, \text{gamaP}$$
- $$Y_6 = \text{alfaQ}, \text{betaP}, \text{gamaQ}$$
- $$Y_7 = \text{alfaQ}, \text{betaQ}, \text{gamaP}$$
- $$Y_8 = \text{alfaQ}, \text{betaQ}, \text{gamaQ}$$

Langkah 6. Setelah mendapatkan nilai MAPE terbaik pada kombinasi $Y_1 - Y_8$, kemudian melakukan update variabel parameter pembantu iterasi sekarang sesuai dengan kombinasi terbaik (MAPE terkecil). Pada setiap tahapan iterasi ditentukan dua buah titik baru (menggunakan variabel pembantu) di dalam interval yang ada, akan tetapi untuk tujuan penghematan langkah perhitungan, pada tahapan iterasi selanjutnya hanya ditentukan sebuah titik baru, dengan titik yang lain menggunakan titik pada tahapan sebelumnya.

Parameter yang dipertahankan oleh kombinasi Y_3, Y_4 hingga kombinasi Y_8 semuanya berbeda – beda dan dapat dilihat penjelasannya pada **Langkah 5**. Langkah selanjutnya

adalah mengecek kembali selisih batas atas dan batas bawah apakah sudah lebih kecil dibandingkan dengan toleransi, kembali pada **Langkah 4**.

Langkah 7. Langkah ini dilakukan ketika selisih batas atas dan batas bawah sudah lebih kecil dari nilai toleransi yang ditemukan. Pada tahap ini kembali dilakukan pengecekan dengan menggunakan kombinasi pada langkah 5 untuk menentukan apakah nilai parameter alfaP atau alfaQ, betaP atau betaQ, gamaP atau gamaQ yang dijadikan sebagai nilai parameter *smoothing* pemulusan level yang dilambangkan dengan α , parameter pemulusan *trend* yang dilambangkan dengan β dan pemulusan musiman yang dilambangkan dengan γ pada metode *Grey Holt – Winter Exponential Smoothing* dengan nilai MAPE terkecilnya.

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah rancangan disusun dan diimplementasikan, maka tahap berikutnya adalah menggunakan sistem tersebut untuk menghasilkan peramalan. Alat ukur yang digunakan untuk menghitung kesalahan peramalan pada penelitian ini menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) . MAPE merupakan rata – rata dari keseluruhan presentase kesalahan (selisih) antara data aktual dengan data hasil peramalan. Ukuran akurasi dicocokkan dengan data time series, dan ditunjukkan dalam presentase. MAPE merupakan useful indicator, karena dari sudut pandang pengguna mengetahui MAPE 5% lebih mudah dipahami daripada mengetahui Mean Squared Error (MSE) 183 (Makridakis, 1995). Untuk menghitung MAPE, menggunakan ukuran sebagai berikut (Makridakis, 1995):

Tabel 2. Tabel Perbandingan MAPE Konvensional GHWES dan GHWES Golden Section

Periode Data	Konvensional GHWES		GHWES dengan Golden Section	
	MAPE s = 1	MAPE s = 4	MAPE s = 1	MAPE s = 4
24	16,67	44	14,38	30,81
48	19,01	33,68	16,39	26,92
96	16,06	24,8	13,92	20,42

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

3.1 Pengaruh Periode Data dan Panjang Musim Terhadap Ramalan

Pada pengujian berdasarkan periode data ramalan dibagi menjadi beberapa bagian yaitu dengan 20% data training atau sejumlah 24 data, 40% data training atau sejumlah 48 data dan 80% data training atau sejumlah 96 data dari total 120 data. Untuk pengujian musiman dibagi menjadi musiman perbulan ($s = 1$) dan musiman kuartal ($s = 4$).

Pengujian dilakukan dengan menggunakan nilai r-AGO sebesar 0.9, kemudian parameter yang digunakan untuk metode konvensional grey – holt winter exponential smoothing menggunakan parameter yang dirujuk oleh Karima (2016) dengan nilai $\alpha=0.2$ $\beta=0.9$ dan $\gamma = 0.5$, dan nilai toleransi sebesar 0.005, hasilnya ditunjukkan pada tabel 2.

Dari tabel 2, dapat dilihat bahwa MAPE yang dihasilkan oleh metode *Golden Section* memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan MAPE dengan metode konvensional.

Hal ini dibuktikan dengan MAPE pada *grey holt winter exponential smoothing* dengan *golden section* baik pada periode 24, periode 48 atau periode 96 kolom MAPE *Golden section* memiliki nilai yang lebih kecil daripada MAPE pada kolom Konvensional GHWES

3.2 Pengaruh nilai toleransi terhadap ramalan

Untuk mencari optimasi nilai parameter pada Konvensional Grey Holt - Winter Exponential Smoothing adalah dengan pendekatan metode trial and error dimana peneliti harus memasukan beberapa macam kombinasi parameter α , β dan γ dengan rentang nilai 0 – 1, ketika nilai parameter yang digunakan lebih kecil dari 0.1 pada masing – masing parameter maka kemungkinan kombinasinya akan semakin banyak, karena memiliki 3 variabel parameter yang memungkinkan jumlah kombinasi mencapai ribuan dan pasti memakan waktu yang lama dalam pencarian nilai optimal parameter untuk mendapatkan kesalahan minimumnya.

Perlakuan berbeda dilakukan oleh metode Golden Section dalam mencari nilai optimasi parameter (α), (β) dan (γ) pada metode Grey Holt – Winter Exponential Smoothing, yaitu dengan menggunakan prinsip mengurangi daerah batas parameter (α), (β) dan (γ) yang mungkin menghasilkan harga fungsi obyektif minimum. Dengan menggunakan metode Golden Section dianggap lebih efisien karena menggunakan rasio $\frac{l_1}{l_0} = \frac{l_2}{l_1}$, sehingga setiap iterasi yang digunakan berurutan kembali menggunakan salah satu dari nilai internal sebelumnya. Nilai toleransi digunakan untuk tanda berhentinya iterasi. Dengan nilai toleransi 0.05, hasil peramalan dengan pencarian nilai parameter (α), (β) dan (γ) ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Tabel Hasil Perhitungan *Golden Section* pada GHWES dengan Toleransi 0.05

Toleransi	Iterasi	Alfa 1	Alfa 2	Beta 1	Beta 2	Gama 1	Gama 2
0,05	1	0,3819	0,628	0,3819	0,628	0,3819	0,628
	2	0,235	0,3819	0,235	0,3819	0,235	0,3819
	3	0,146	0,235	0,146	0,235	0,146	0,235
	4	0,008	0,146	0,009	0,146	0,009	0,146
	5	0,146	0,179	0,0056	0,009	0,146	0,179

Dari Tabel 3, dengan nilai toleransi kesalahan, perhitungan golden section berhenti pada iterasi ke - 5, dengan nilai parameter optimal yang diusulkan adalah α sebesar 0.146, β sebesar 0.009 dan γ sebesar 0.146 dengan MAPE yang dihasilkan sebesar 14.44%. Dengan nilai toleransi 0.005, hasil peramalan dengan pencarian nilai parameter (α), (β) dan (γ) ditunjukkan pada tabel 4.

Dari tabel 4 ditunjukkan optimasi parameter pada *Grey Holt – Winter Exponential Smoothing* dengan nilai toleransi kesalahan 0.005 berhenti pada iterasi ke - 9, dengan nilai parameter optimal yang diusulkan adalah α sebesar 0.146, β sebesar 0.010 dan γ sebesar 0.146 dengan MAPE yang dihasilkan sebesar 14.28%.

Dilihat dari ketiga nilai toleransi memiliki waktu pencarian yang berbeda dengan tingkat ketelitian yang relatif sama, hal ini disebabkan karena pada metode golden section membandingkan harga fungsi pada beberapa nilai variabel. Lamanya proses iterasi sebanding dengan jumlah langkah perhitungan fungsi dan pembandingan harga fungsinya serta jumlah data yang digunakan dalam perhitungan.

Tabel 4. Tabel Hasil Perhitungan *Golden Section* pada GHWES dengan Toleransi 0.005

Iterasi ke -	alpha 1	alpha2	gamma 1	gamma 2	beta 1	beta 2
1	0,382	0,618	0,382	0,618	0,382	0,618
2	0,235	0,382	0,235	0,382	0,235	0,382
3	0,146	0,235	0,146	0,235	0,146	0,235
4	0,008	0,146	0,008	0,146	0,008	0,146
5	0,146	0,179	0,006	0,008	0,146	0,179
6	0,123	0,146	0,004	0,006	0,123	0,146
7	0,146	0,157	0,002	0,004	0,146	0,157
8	0,135	0,146	0,119	0,002	0,135	0,146
9	0,146	0,148	0,010	0,119	0,146	0,147

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat pada penelitian ini adalah MAPE minimum yang didapat berdasarkan metode konvensional *Grey Holt Winter Exponential Smoothing* adalah sebesar 16.06%, sedangkan MAPE minimum yang dihasilkan oleh metode *Grey Holt Winter Exponential Smoothing* dengan *Golden Section* adalah sebesar 13.92% yang dilakukan pada pengujian sebanyak 96 data. MAPE yang didapat melalui optimasi parameter menggunakan *golden section*, pada pengujian sebanyak 96 data dengan season per bulan memiliki nilai kesalahan minimum sebesar 13.92% berada pada nilai toleransi sebesar 0.005 dengan jumlah 9 iterasi, dengan nilai parameter optimal yang diusulkan adalah α sebesar 0.146, β sebesar 0.010 dan γ sebesar 0.146.

Daftar Pustaka

- Agaian, S dan Gill, J.T., 2017, The Extended Golden Section and Time Series Analysis, *Frontiers in Signal Processing*, 1, 2, 67-80.
- Ashadiyanto, A., 2016, Evaluasi Harga Saham Saat Penawaran Umum Perdana dan Aktivitas Perdagangan Saham pada PT Graha Layar Prima Tbk, Tesis, Program Studi Magister Manajemen, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Chapra, S.C dan Canale, R. P., 2003, Numerical Methods for Engineers : With Software and Programming Applications., 4th Ed., McGraw – Hill Company Inc, New York
- Deng, J.L., 1989. Introduction to Grey System Theory, *J.Grey Syst* 1 (1) 1989 1 - 24
- Hanke, J. E. dan Wichern, D. W., 2005, Bussiness Forecasting, 8th Ed., Pearson Precentice Hall, New Jersey
- Heizer, J. dan Render, B., 2009, Manajemen Operasi, Edisi 9, Salemba Empat, Surabaya
- Hsu, C. C. dan Chen, C. Y., 2003, Application of Improved Grey Prediction Model for Power Demand Forecasting, *Energy Conversion and Management*, 14, 44, 2241-2249
- Ishak, A., 2010, Manajemen Operasi, Graha Ilmu, Yogyakarta
- Karima, L. R., 2016, Metode Grey Double Exponential Smoothing (GDES) untuk Meramalkan Data Time Series Berpola Tren, *Skripsi*, Program Studi Statistika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Ke, L., Ye, Y., Zhao, W. dan Li, Y., 2010, Grey-Exponential Smoothing Prediction Model of Mining Safety Based on Forecasting Validity, 2010 3rd International Congress on Image and Signal Processing, Oktober, 3780-3783
- Kiusalaas, J., 2005, Numerical Methods in Engineering with MATLAB, Cambridge University, Cambridge.

- Makridakis, S., Wheelwright, S. C. dan Hyndman, R. J., 1998, Forecasting Methods and Application Third Edition, John Wiley and Sons, Inc, New York.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C. dan McGee, V. E., 1995, Metode dan Aplikasi Peramalan, Erlangga, Jakarta
- Qu, P., 2014, Mobile Communication Service Income Prediction Method Based on Grey Buffer Operator Theory, *Grey Systems: Theory and Application*, 2, 4, 250-259
- Samvedi, A. dan Jain, V., 2013, A Grey Approach for Forecasting in a Supply Chain During Intermittent Disruptions, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 3, 26, 1044-1051
- 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), 2016 3rd International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE), Oktober, 356-360
- Wu, L., Liu, S. dan Yang, Y., 2016, Grey Double Exponential Smoothing Model and Its Application on Pig Price Forecasting in China, *Applied Soft Computing*, 39, 117-123
- Xia, M. dan Wong, W. K., 2014, A Seasonal Discrete Grey Forecasting Model for Fashion Retailing, *Knowledge-Based Systems*, 57, 119-126
- Xie, Z.W. dan Su, K.Y., 2010, Improved Grey Model Base on Exponential Smoothing for River Water Pollution Prediction, 2010 4th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering, Juni, 1-4
- Yuwida, N. dan Wahyuningsih, N., 2012, Estimasi Parameter α dan β dalam Pemulusan Eksponensial Ganda Dua Parameter dengan Metode Modifikasi Golden Section, *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1, 1, A18-A