

Aplikasi Metode Grey Forecasting Pada Peramalan Kebutuhan Bahan Bakar Alternatif Ramah Lingkungan di PT. Indocement Tunggul Prakarsa Tbk

Nanda Lokita Nariswari* dan Cucuk Nur Rosyidi

Program Studi Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret
Jalan Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126, Indonesia

Abstract

Forecasting is one of the methods required by a company to plan the demand of raw materials in the future, in order to avoid the emergence of various problems such as stock out. However, not all forecasting methods can be used to forecast demand in the short term a specially a condition where the company only has a few historical data. Grey method is a forecasting method which can be used to predict the short-term demand. The purpose of this study is to determine how well the Grey method used to predict the demand of alternative energy and compared with other forecasting methods. Mean Squared Error (MSE) is used as a measure of the goodness of the method. The result of the study indicates that the Grey Forecasting Methods MSE value that is smaller than other time series forecasting methods.

Keywords: data terbatas, grey forecasting, mean squared error (MSE), peramalan jangka pendek

1. Pendahuluan

Setiap tahun jumlah permintaan semen semakin meningkat baik permintaan semen dari dalam negeri maupun permintaan semen dari luar negeri. Seperti contohnya di dalam negeri sendiri, konsumsi semen meningkat sebesar 5-6 persen per tahun. Seiring dengan jumlah kebutuhan semen yang terus meningkat perusahaan juga terus melakukan peningkatan kapasitas produksinya, sehingga limbah yang dihasilkan oleh proses produksi tersebut pun akan ikut meningkat. Salah satu limbah yang dihasilkan industri yang saat ini ramai diperbincangkan adalah masalah emisi karbondioksida yang menjadi penyebab utama adanya pemanasan global. Dibandingkan dengan industri lain, industri pembuatan semen menyumbang sekitar 3-5 persen emisi karbondioksida (CO_2) dunia. Karbondioksida ini dihasilkan dari penggunaan bahan bakar fosil. Dengan adanya masalah tersebut, PT. Indocement Tunggul Prakarsa, Tbk. sebagai salah satu produsen semen dalam negeri, ingin melakukan pembangunan berkelanjutan berwawasan lingkungan yang juga dapat menguntungkan secara bisnis. Industri semen merupakan industri padat energi dimana kebutuhan energinya sebagian besar dipenuhi dari penggunaan bahan bakar fosil yang cadangannya terbatas dan harganya terus meningkat, maka perusahaan diharapkan dapat mencari suatu bahan bakar alternatif untuk proses produksi tersebut, agar didapatkan hasil yang optimal dan efisien.

Perusahaan yang menerapkan bahan ramah lingkungan dalam proses produksinya dapat disebut dengan *Green Manufacturing*. *Green manufacturing* adalah suatu metode untuk meminimalkan limbah dan polusi yang disebabkan oleh proses manufaktur (Foster, 2001). *Green manufacturing* mendasarkan pada sistem produksi yang berkelanjutan (*sustainable production system*) dalam menghasilkan sebuah produk. Produk industri tersebut memiliki siklus hidup, mulai dari perancangan, pembuatan, distribusi, pemanfaatan dan sisa produk yang memiliki dampak kerusakan terhadap lingkungan dan kesehatan, serta mengkonsumsi sumber daya alam seminimal mungkin (material dan energi). Industri yang menerapkan *green*

* Correspondance : nandalokita@ymail.com

manufacturing akan memiliki performa industri yang ramah lingkungan serta efisien dari segi ekonomi.

Bahan bakar alternatif yang digunakan oleh PT. Indocement Tunggul Prakarsa, Tbk. ini merupakan bentuk nyata dari *recycle* limbah baik itu dari limbah industri atau limbah rumah tangga seperti sekam padi, plastik-plastik bekas, ban bekas, cangkang kelapa sawit, dan serbuk gergaji. Hal tersebut dapat membantu perusahaan untuk mengurangi biaya operasional yang dikeluarkan untuk melakukan proses produksi. Salah satu bahan bakar alternatif yang dipakai oleh perusahaan sejak tahun 2009 adalah *rice husk* dan *wooden saw dust*. Akan tetapi kedua bahan bakar ini memiliki masalah dalam ketersediaannya, karena kedua bahan ini bergantung pada musim panen padi. Apabila sedang musim panen, maka *rice husk* akan sangat melimpah, sedangkan saat sedang tidak musim, maka bahan bakar ini sangat jarang ditemui di pasar. Oleh karena itu, pengerjaan penelitian ini berfokus pada peramalan kebutuhan bahan bakar alternatif PT. Indocement Tunggul Prakarsa, Tbk. untuk dapat menopang kebutuhan bahan bakar dalam proses produksi semen.

Untuk mendapatkan jumlah bahan baku dalam ukuran yang tepat harus dilakukan peramalan kebutuhan bahan bakar untuk masa mendatang, guna menghindari kondisi *stock out*. Peramalan bahan bakar alternatif dalam penelitian ini dilakukan dengan metode *Grey* dan kemudian hasil peramalannya dibandingkan dengan metode *moving average 3*, *moving average 4*, *weighted moving average 3*, dan *weighted moving average 4*. Pemilihan metode *Grey* dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa baik metode *Grey Theory* digunakan dalam perencanaan kebutuhan bahan bakar alternatif dibandingkan dengan metode *time series*, khususnya jika jumlah data terbatas dan jangka waktu yang diramalkan pendek. Dalam penelitian ini menggunakan data historis selama empat periode. Penggunaan metode *Grey* dalam penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui seberapa baik hasil peramalannya jika jumlah data yang dimiliki terbatas atau sedikit.

Peramalan jangka pendek sulit untuk dilakukan, terutama ketika jumlah data yang dimiliki terbatas. Peramalan dengan $GM(1,1)$ dapat digunakan untuk jumlah data yang kecil atau terbatas. Peramalan dengan *Grey Forecasting Model (1,1)* atau $GM(1,1)$ telah berhasil diterapkan untuk data permintaan pariwisata di Taiwan yang volatilitasnya tinggi (Huang dan Lee, 2011). Metode *Grey* juga dapat diaplikasikan dalam metode *QFD (Quality Function Deployment)* untuk menganalisis permintaan konsumen yang dinamis atau berubah-ubah (Wu dkk, 2005).

2. Metode Penelitian

Metodologi penelitian dalam makalah ini secara ringkas dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Penelitian

Pada gambar tersebut dijelaskan tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian ini. Tahap awal yang dilakukan, adalah tahap pendahuluan yang terdiri dari identifikasi masalah, perumusan masalah dan penentuan masalah. Identifikasi masalah bertujuan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi dalam perusahaan. Tahap ini dilakukan saat studi lapangan dimana mahasiswa mengidentifikasi masalah yang ada. Kemudian pada bagian perumusan masalah peneliti menentukan sasaran-sasaran yang akan dibahas dalam penelitian dan mencari solusi bagi masalah yang ada dengan teori-teori yang diperoleh dari perkuliahan maupun dari referensi. Langkah terakhir dalam tahap pendahuluan adalah penentuan tujuan penelitian. Tujuan yang ingin dicapai adalah untuk mengetahui seberapa baik metode *Grey* digunakan dalam meramalkan kebutuhan bahan bakar alternatif ini kemudian dibandingkan dengan metode *time series* yang terpilih, yaitu *moving average 3* dan *weighted moving average 4*.

Langkah kedua dalam penelitian ini adalah tahap pengumpulan data. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data historis pemakaian bahan bakar alternatif *wooden saw dust* dari PT. Indocement Tunggul Prakarsa, Tbk.

Tahap terakhir dalam penelitian ini adalah pengolahan data. Tahap pengolahan data terdiri dari beberapa aktivitas yang dilakukan, seperti merekapitulasi data historis, melakukan peramalan dan merekap nilai *error*, menentukan kebutuhan sesuai dengan hasil peramalan, menganalisis dan menginterpretasi hasil, dan langkah terakhir membuat kesimpulan dan saran.

3. Metode Grey

Grey System Theory pertama kali dikembangkan oleh Deng (1982) yang difokuskan pada model ketidakpastian dan informasi yang tidak cukup. Pada penelitian ini digunakan GM (1,1) supaya dapat memberikan metode yang lebih efektif untuk peramalan jangka pendek dengan jumlah data yang terbatas. Peramalan dengan GM (1,1) dapat digunakan untuk peramalan barisan, prediksi interval, peramalan bencana alam, peramalan musim dan peramalan pasar modal. *Grey Forecasting Model* atau GM dapat memberikan solusi untuk model ketidakpastian pada data terbatas (minimal terdapat empat data yang biasa disebut “*partial known, partial unknown.*” (Liu dan Lin, 2006).

Pengolahan data pada metode *Grey* menggunakan data *history* yang diambil secara acak dengan jumlah total empat data. Model GM (1,1) dengan bentuk umum GM (d,v) dimana *d* menyatakan order atau tingkat persamaan diferensial dan *v* menyatakan jumlah variabel dalam persamaan model (Nguyen dan Huang, 2011). Setelah dilakukan perhitungan peramalan dengan *Grey Forecasting*, kemudian dilanjutkan dengan perhitungan nilai *error* menggunakan MSE (*Mean Squared Error*) untuk menentukan tingkat akurasi dari hasil peramalan.

Untuk mendapatkan model GM (1,1) diperlukan barisan data asli atau data yang didefinisikan sebagai berikut (Huang dan Lee, 2011).

Definisi 1. Barisan Data asli atau data mentah berdasarkan urutan waktu didefinisikan sebagai

$$X^0 = \{x^0(k)\} = (x^0(1), x^0(2), x^0(3), \dots, x^0(n)) \quad (1)$$

dimana $k = 1, 2, 3, \dots, n$ yang merupakan urutan dari data periode paling lampau hingga data terkini.

Definisi 2. Barisan data *first order Accumulated Generating Operation* (AGO) orde pertama dari $X^{(0)}$ dinotasikan sebagai $X^{(1)}$. Misal $x^1(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i)$, AGO orde pertama yang dinyatakan dengan persamaan (2)

$$X^1 = \sum_{i=1}^1 x^{(0)}(i), \sum_{i=1}^2 x^{(0)}(i), \sum_{i=1}^3 x^{(0)}(i), \dots, \sum_{i=1}^n x^{(0)}(i) \quad (2)$$

Definisi 3. *Inverse Accumulated Generating Operation* (IAGO) didefinisikan pada persamaan (3).

$$x^1(k+1) = x^{(1)}(k) + x^{(0)}(k+1) \quad \text{untuk } k \geq 1 \quad (3)$$

Definisi 4. $z^{(1)}(k)$ adalah nilai rata-rata dari dua data $x^{(1)}(k)$ yang berdekatan yaitu

$$z^1(k) = \frac{1}{2}[x^1(k-1) + x^1(k)] \quad k = 2, 3, \dots, n \quad (4)$$

Definisi 5. Parameter a dan b pada GM(1,1) masing-masing disebut sebagai *development coefficient* dan *grey action quantity* (Liu dan Lin, 2010). Untuk mendapatkan nilai parameter a dan b digunakan metode estimasi kuadrat terkecil. Dengan $X^{(0)}, X^{(1)}$, dan $Z^{(1)}$ seperti pada persamaan (1), (2), dan (3) dengan $X^{(0)}$ non-negatif, jika $\hat{p} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$ (5)

adalah parameter model, dan

$$Y = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

maka estimasi kuadrat terkecil dari $x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b$ memenuhi $\hat{p} = [B^T B]^{-1} B^T Y$ (Liu & Lin, 2006).

Jika $\alpha \leq 0,5$, maka nilai a dan b dapat dihitung dengan persamaan:

$$a = \frac{\sum_{k=2}^n z^1(k) \sum_{k=2}^n (k) - (n-1) \sum_{k=2}^n z^{(1)}(k) x^{(0)}(k)}{(n-1) \sum_{k=2}^n [z^1(k)]^2 - [\sum_{k=2}^n z^{(1)}(k)]^2} \quad (7)$$

dan

$$b = \frac{\sum_{k=2}^n [z^{(1)}(k)]^2 \sum_{k=2}^n x^{(0)}(k) - \sum_{k=2}^n z^{(1)}(k) x^{(0)}(k)}{(n-1) \sum_{k=2}^n [z^{(1)}(k)]^2} \quad (8)$$

3. Pengolahan Data dan Analisis

Pada penelitian ini telah dilakukan perhitungan peramalan bahan bakar alternatif yang berupa *wooden saw dust* dengan beberapa metode *time series* antara lain, regresi linear, *simple average*, *moving average 3*, *moving average 4*, *weighted moving average 3*, *weighted moving average 4*, *single exponential smoothing*, dan *double exponential smoothing*. Dari perhitungan dengan metode-metode tersebut diperoleh metode terpilih dua metode dengan hasil peramalan terbaik yaitu *Moving Average 3* dan *weighted moving average 4*, dimana metode ini memiliki nilai *error* terkecil. Kemudian hasil peramalan ini dibandingkan dengan hasil peramalan yang menggunakan *Grey Theory*. Selanjutnya untuk melihat keakuratan hasil peramalan perhitungan dilanjutkan dengan menghitung nilai *error* dengan *Mean Squared Error* (MSE). MSE merupakan metode perhitungan kesalahan yang dihitung dengan menjumlahkan kuadrat kesalahan kemudian membaginya dengan jumlah data/periode yang digunakan. Berikut adalah persamaan pada MSE:

$$MSE = \frac{\sum_{i=0}^n (A_1 - F_1)^2}{n} \quad (9)$$

Pada tabel dibawah ini ditunjukkan tabel dari data aktual bahan bakar alternatif *wooden saw dust*.

Tabel 1.Data Aktual *Wooden Saw Dust*

WSD	1023,272	948,272	1048,272	875,799
-----	----------	---------	----------	---------

Langkah 1. Menentukan nilai $x^{(0)}$ yang merupakan nilai permintaan pada data aktual.

$$x^{(0)} = (1023,272, 948,272, 1048,272, 875,799)$$

dimana $k = 1, 2, 3, 4$

Langkah 2. Mencari nilai $x^{(1)}$. Nilai $x^{(1)}$ merupakan akumulasi dari $x^{(0)}$ atau akumulasi dari data historis bahan bakar alternatif. Perhitungan nilai $x^{(1)}$ menggunakan persamaan (3) dan ditunjukkan pada contoh berikut:

$$x^{(1)} = (1023,272+948,272, 1023,272+948,272+1048,272, 1023,272+948,272+1048,272+875,799) = (1971,544; 3019,816; 3895,615).$$

Langkah 3. Mencari nilai $z^{(1)}$ dengan $\alpha = 0,5$. Nilai $z^{(1)}$ didapatkan dari penggunaan persamaan (4), dan dicontohkan seperti pada perhitungan dibawah ini:

$$z^{(1)}(k) = \left(\frac{1023,272 + 948,272}{2}, \frac{1971,544 + 3019,816}{2}, \frac{3019,816 + 3895,615}{2} \right) \\ = (1497,41; 2495,68; 3457,72)$$

Langkah 4. Mencari nilai a dan b yang merupakan Dengan persamaan (7) dan (8) diperoleh nilai a dan b , sebagai berikut:

$$a = \frac{(7450,8035 \times 2872,343) - (3 \times 7064365,32)}{(3 \times 20426445,86) - 55514472,8} = -0,006065238 \\ b = \frac{(64350087,6 \times 4475,28) - (13256,43 \times 21390643,47)}{(3 \times 64350087,6) - (175732817,04)} = 942,3940348$$

Langkah 5. Perhitungan nilai $f^{(1)}(k)$, ($k=1, 2, 3$, dan 4 yang didapatkan dari:

$$f^{(1)}(k) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right) e^{-a(k-1)} + \frac{b}{a} \\ f^{(1)}(4) = \left(1023,272 - \frac{942,384}{-0,006} \right) 3^{0,006(4-1)} + \frac{942,384}{-0,006} = 3895,091 \\ f^{(1)}(3) = \left(1023,272 - \frac{942,384}{-0,006} \right) 3^{0,006(3-1)} + \frac{942,384}{-0,006} = 2932,006 \\ f^{(1)}(2) = \left(1023,272 - \frac{942,384}{-0,006} \right) 3^{0,006(2-1)} + \frac{942,384}{-0,006} = 1974,745 \\ f^{(1)}(1) = \left(1023,272 - \frac{942,384}{-0,006} \right) 3^{0,006(1-1)} + \frac{942,384}{-0,006} = 1023,272$$

Langkah 6. Pencarian nilai peramalan dari WSD. Nilai peramalan didapatkan dari persamaan:

$$f^{(0)}(k) = f^{(1)}(k) - f^{(1)}(k-1) \\ f^{(0)}(4) = f^{(1)}(4) - f^{(1)}(3) = 963,085 \\ f^{(0)}(3) = f^{(1)}(3) - f^{(1)}(2) = 957,261$$

$$f^{(0)}(2) = f^{(1)}(2) - f^{(1)}(1) = 951,472$$

Dan untuk nilai peramalan pada $f^{(5)}$ diperoleh:

$$= \left(1023,272 - \frac{942,384}{-0,006} \right) e^{0,006(5-1)} + \frac{942,384}{-0,006} - 3895,091 = 968,944$$

Setelah mendapatkan hasil peramalan dengan metode *Grey* kemudian dicari nilai MSE:

$$MSE(3) = \frac{10,246 + 4146,58 + 5304,011}{3}$$

$$= 5304,01$$

Hasil peramalan dengan metode *Grey* ditunjukkan pada tabel 2:

Tabel 2.Perhitungan nilai *error* Metode *Grey*

	Error	abs error	e ²	Mse
1	-3,201	3,201	10,246	10,246
2	91,011	91,011	8282,928	4146,587
3	-87,286	87,286	7618,858	5304,011

Kemudian menghitung peramalan bahan bakar alternatif *wooden saw dust* dengan metode *Moving Average 3* yang hasilnya ditunjukkan oleh tabel 3.

Tabel 3.Perhitungan nilai *error* pada metode *Moving Average 3*

	aktual	forecast	Error	e ²	Mse
1	1023,272				
2	948,272				
3	1048,272				
4	87,799	1006,605	-130,806	17110,3	17110,3

Pada tabel 4 berikut ini merupakan tabel hasil perhitungan peramalan dengan metode *Weighted Moving Average 4*.

Tabel 4.Perhitungan nilai *error* pada metode *Weighted Moving Average 4*

	aktual	forecast	Error	e ²	Mse
1	1023,272				
2	948,272				
3	1048,272				
4	875,799	1010,772	134,973	18217,71	18217,71

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengolahan data diatas, metode *Grey* memiliki nilai *error* sebesar 5304,011. Pada metode *moving average 3* didapatkan nilai *error* sebesar 17110,3 dan pada peramalan dengan metode *Weighted Moving Average 3* didapatkan nilai *error* sebesar 18217,71. Nilai *error* merupakan salah satu faktor yang menjadi pertimbangan dalam memilih metode peramalan terbaik. Semakin kecil nilai *error* yang didapatkan berarti nilai peramalan mendekati keadaan yang sebenarnya. Hal ini dapat disimpulkan bahwa untuk

meramalkan kebutuhan bahan bakar alternatif dalam jangka waktu yang pendek, metode *Grey Theory* lebih baik dibandingkan dengan metode *moving average 3* dan *weighted moving average 4* karena metode *Grey* memiliki nilai *error* yang lebih kecil dibandingkan dengan metode peramalan yang lain. Dari hasil pengolahan data diatas dapat dilihat bahwa dibanding dengan metode lain, seperti *moving average 3* dan metode *weighted moving average 4*, metode *Grey* memberikan nilai MSE tiga kali lipat lebih baik.

4. Simpulan dan Saran

Tujuan yang ingin dicapai dalam paper ini adalah untuk mengetahui seberapa baik metode *Grey* digunakan untuk meramalkan kebutuhan bahan bakar alternatif, dengan cara membandingkan hasil peramalan dengan metode *Grey* dengan metode peramalan *time series* yang terpilih, yaitu *moving average 3* dan *weighted moving average 4*. Peramalan memiliki berbagai macam metode yang dapat digunakan untuk membantu dalam proses pengambilan keputusan untuk merencanakan penyediaan bahan baku di masa yang akan datang berdasarkan data historis yang ada. Namun, tidak semua jenis metode peramalan ini dapat digunakan. Banyak faktor yang harus dipertimbangkan dalam memilih metode peramalan, seperti pola data yang dimiliki dan jumlah data.

Selain itu, untuk menentukan metode peramalan yang terbaik maka harus dibandingkan dengan metode peramalan yang lain. Hal ini untuk mengetahui metode peramalan yang memiliki nilai *error* terkecil. Nilai *error* pada peramalan merupakan salah satu pertimbangan dalam menentukan keputusan untuk merencanakan bahan baku dimasa mendatang sesuai dengan data historis yang ada. Peramalan yang memiliki nilai *error* terkecil mengartikan bahwa kondisi dimasa yang akan datang tidak jauh beda dengan kondisi di masa lalu. Namun, tidak semua peramalan baik digunakan untuk pengambilan keputusan dalam jangka waktu pendek. Metode *Grey* merupakan salah satu metode peramalan yang dapat digunakan untuk menentukan keputusan jangka pendek. Hal ini ditunjukkan pada hasil pengolahan data dimana untuk jumlah data yang sedikit atau terbatas metode *Grey* memiliki nilai *error* yang lebih kecil. Metode ini dapat digunakan pada ketidakpasian masalah misalnya untuk data yang sedikit dan informasi data yang kurang lengkap. Penelitian lanjutan yang akan dilakukan adalah meramalkan kebutuhan bahan bakar alternatif ini dengan metode *Grey* dengan model GM (2.1) yang diharapkan dapat memberikan nilai MSE yang lebih baik daripada GM (1.1).

Daftar Pustaka

- Perusahaan Tahun 2014 PT. Indocement Tunggul Prakarsa, Tbk., Citereup, Bogor, Jawa Barat.
- Deng, Julon. (1982). Control Problems of Grey System, *Problem and Control Letters*, Vol. , 288-294. China.
- H.-H Wu, A.Y.H Liao, and P.-C. Wang (2004). *Using Grey Theory In Quality Function Deployment to analyse Dynamic Customer Requirements*. Int J Adv Manuf Technol 25: 1241-1247.
- Nguyen, T.L. dan Huang, Y.F. (2011). *Forecasting Energy Intensity with Fourier Residual Modified Grey Model: An Empirical Study in Taiwan*. Taiwan: National Kaohsiung University of Applied Sciences.
- Stepvhania L., (2012). Peramalan Penjualan Produk Susu Bayi Dengan Metode Grey System Theory dan
- Standar Nasional Indonesia.(2004).*Pengukuran Intensitas Penerangan di Tempat Kerja*.SNI 16-7062-2004. Diunduh pada 10 september 2013
- Sumardjati, dkk. (2008). *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 1 untuk SMK*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.

Yuven, Yuni.(2010). *Perpustakaan Perguruan Tinggi Pedoman Pengelolaan dan Standarisasi*
www. http://yuni_yuven.blog.undip.ac.id. Diunduh pada 02 february 2013.