

STUDI PERBANDINGAN HASIL PERAMALAN *GREY FORECASTING GM (2,1)* DENGAN *GM (1,1)* PADA PERAMALAN KEBUTUHAN BAHAN BAKAR ALTERNATIF RAMAH LINGKUNGAN DI PT. INDOCEMENT TUNGGAL PRAKARSA TBK

Nanda Lokita Nariswari¹, Cucuk Nur Rosyidi²

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta 57126

Telp. 0271-632110

Email: ¹ndalokita@ymail.com, ²cucuk@uns.ac.id

ABSTRAK

Grey Forecasting merupakan teori multidisiplin yang berhubungan dengan sistem dengan ketersediaan informasi yang sedikit dan atau informasi yang kurang lengkap. Dalam penelitian ini dibahas mengenai *GM (2,1)* yang merupakan pengembangan dari *GM (1,1)* untuk memperbaiki adanya beberapa kekurangan yang terdapat pada *GM (1,1)*. *Gm (2,1)* memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan *GM (1,1)*. Dalam paper ini diberikan perbandingan hasil peramalan bahan bakar alternatif *wooden saw dust* di PT. Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk antara *GM (1,1)* dan *GM (2,1)*. Perhitungan nilai error dalam penelitian ini menggunakan MSE, dimana *GM (1,1)* memiliki nilai error yang lebih kecil dibanding dengan *GM (2,1)*.

Kata Kunci: Data terbatas, *Grey Forecasting*, Mean Squared Error, peramalan jangka pendek

PENDAHULUAN

Peramalan merupakan metode yang sangat penting bagi suatu perusahaan guna meramalkan kebutuhan bahan baku atau penjualan di masa yang akan datang. Sebuah perusahaan harus melakukan peramalan karena bermanfaat untuk membantu mengambil keputusan agar sesuai dengan kebutuhan di masa yang akan datang. Hal ini berguna untuk menghindari keadaan yang tidak diinginkan seperti kondisi barang yang berlebihan atau *stock out*. Terdapat banyak metode peramalan yang dapat digunakan, namun tidak semua metode dapat memberikan hasil yang akurat. Beberapa metode peramalan baik digunakan jika sesuai dengan pola data yang dimiliki oleh data historis dengan ketersediaan informasi yang lengkap dan jelas. Perusahaan terkadang dihadapkan pada kondisi dimana data yang tersedia tidak mencukupi, sehingga metode peramalan yang sudah ada tidak dapat digunakan. Oleh karena itu, metode *Grey Forecasting* dapat menjadi solusi bagi perusahaan untuk meramalkan kondisi di masa mendatang jika ketersediaan data kurang lengkap atau sedikit.

Grey system theory pertama kali dikembangkan oleh Professor Deng (1982), dimana teori ini sangat bermanfaat untuk menganalisis sebuah sistem dengan ketersediaan data yang sedikit dan informasi yang kurang lengkap serta jangka waktu yang pendek (Liu dan Lin, 2006). Dalam penelitian ini dibahas mengenai *GM (2,1)* yang merupakan pengembangan dari *GM (1,1)*. Pengembangan *GM (2,1)* ini bertujuan untuk memperbaiki *defect* dari *GM (1,1)*, sebagai usulan untuk mengubah susunan linear dari *GM (1,1)*, dan untuk memperluas aplikasi dari *Grey theory* (Xu dkk., 2014).

Peramalan dengan *GM (2,1)* telah diaplikasikan dalam beberapa studi kasus seperti pengaplikasian *Grey* untuk meramalkan tingkat pertumbuhan pinus (Hui dkk, 2009). Kemudian, aplikasi metode *hybrid* yang mengkombinasikan antara *Grey Model* dan *back propagation artificial neural network* untuk meramalkan jumlah pasien hepatitis B di China (Gan dkk, 2014). Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan peramalan kebutuhan bahan bakar alternatif yang berupa *wooden saw dust* dengan model *GM (2,1)* yang hasilnya akan dibandingkan dengan hasil peramalan *GM (1,1)* hasil penelitian Nariswari dan Rosyidi (2015).

LANDASAN TEORI

Peramalan

Peramalan merupakan suatu proses untuk mengestimasi nilai atau karakteristik di masa yang akan datang. Peramalan penting bagi suatu perusahaan karena dapat membantu pihak manajemen untuk menentukan kebijakan-kebijakan yang perlu diambil demi kelancaran kegiatan operasionalnya. Kebutuhan akan peramalan akan meningkat seiring dengan usaha manajemen untuk mengurangi ketergantungannya pada hal-hal yang belum pasti, apalagi seiring dengan meningkatkan kompleksitas, persaingan dan tingkat perubahan lingkungan. (Markidakis dan Whellwright, 1992).

Berdasarkan jangka waktu yang digunakan, peramalan dikelompokkan menjadi tiga yaitu peramalan jangka waktu pendek, menengah, dan peramalan jangka waktu panjang (Heizer, 2005). Prinsip-prinsip dari peramalan yaitu:

- Peramalan melibatkan kesalahan (*error*). Jadi sifat dari peramalan adalah mengurangi ketidakpastian, tidak menghilangkannya.
- Peramalan menggunakan tolok ukur kesalahan. Jadi pemakai harus tahu besar kesalahan yang dapat digunakan dalam satuan unit atau presentase. Peramalan jangka pendek lebih akurat dibanding dengan peramalan jangka panjang, karena dalam jangka pendek kondisi-kondisi cenderung tetap atau berubah lambat.

Grey Forecasting Model

Dalam kehidupan nyata sering dijumpai ketidakpastian sistem, misalnya sistem sosial, ekonomi, dan cuaca. *Grey* dikembangkan oleh Deng pada tahun 1982. *Grey* difokuskan untuk menganalisis dan memahami ketidakpastian sistem dan ketersediaan informasi yang kurang. *Grey forecasting model* merupakan adaptasi dari bagian inti *grey system theory*. Untuk membangun persamaan diferensial *grey forecasting* digunakan *Accumulated Generating Operation* (AGO).

Grey model (GM) dapat digunakan pada data yang sedikit (minimal empat data) yang biasa disebut sebagai *partial unknown* (Liu & Lin, 2011). GM (2,1) merupakan turunan dari GM (1,1). Dalam GM (1,1) perhitungan menggunakan *first order accumulatif generation operation* (1-AGO) untuk mengurangi keacakan data. Sedangkan, GM (2,1) menggunakan *first order accumulatif generation operation* (1-AGO) dan *first order inverse accumulatif generation operation* (1-IAGO) sebagai urutan *input* (Xu dkk, 2014).

Pengolahan data pada GM (2,1) dijabarkan dalam langkah-langkah berikut.

Langkah 1. Membentuk barisan data asli atau data historis yang dinotasikan sebagai $X^{(0)}$.

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

Langkah 2. Langkah berikutnya adalah membentuk pembangkit operasi akumulasi atau *first accumulatif generation operation* (1-AGO) yang dinotasikan sebagai $X^{(1)}$

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

Dimana, $x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i), k = 1, 2, \dots, n$.

Langkah 3. Membentuk *first order inverse accumulatif generation operation* (1-IAGO) dari $X^{(0)}$ yang dinotasikan dengan $\alpha^{(0)} X^{(0)}$.

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

Dimana, $\alpha^{(0)} x^{(1)} = x^{(0)}(k) - x^{(0)}(k - 1)$

Langkah 4. Mencari urutan data yang merupakan rata-rata atau nilai tengah dari data-data terdekat yang dinotasikan sebagai $Z^{(1)}$ yaitu,

$$Z^{(1)} = (z^{(1)}(1), z^{(1)}(2), \dots, z^{(1)}(n)) \quad (4)$$

dimana:

$$z^{(1)}k = \frac{1}{2} [x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k - 1)]$$

Sehingga:

$$\alpha^{(1)} X^{(0)} + a_1 X^{(0)} + a_2 Z^{(1)} = b$$

Disebut sebagai persamaan *differential Grey* dan *whitenization sequence* didapatkan dari persamaan berikut,

$$\frac{d^2x^{(1)}}{dt} + a_1 \frac{dx^{(1)}}{dt} + a_2x^{(1)} = b \quad (5)$$

Estimasi kuadrat terkecil dari urutan parameter adalah sebagai berikut,

$$\hat{a} = [a_1 a_2 b]^T = [B^T B]^{-1} B^T Y \quad (6)$$

Dimana nilai B dan Y didapatkan dari,

$$B = \begin{bmatrix} -x^{(0)}(2) & 1 \\ -x^{(0)}(3) & 1 \\ \dots & \dots \\ -x^{(0)}(n) & 1 \end{bmatrix}, Y = \begin{bmatrix} \alpha^{(1)}(2) \\ \alpha^{(1)}(3) \\ \dots \\ \alpha^{(1)}(n) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) - x^{(0)}(1) \\ x^{(0)}(3) - x^{(0)}(2) \\ \dots \\ x^{(0)}(n) - x^{(0)}(n-1) \end{bmatrix}$$

Langkah 5. Menghitung nilai *error* dengan metode *mean square error* (MSE).

$$MSE = \frac{\sum_{i=0}^n (A_i - F_i)^2}{n} \quad (7)$$

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan tiga tahapan, yaitu tahap identifikasi awal, tahap pengumpulan data, dan tahap pengolahan data.

Tahap pertama, yaitu identifikasi awal. Pada tahap ini dilakukan untuk mengidentifikasi masalah yang bertujuan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi dalam perusahaan. Tahap ini dilakukan saat studi lapangan dimana pengamatan dilakukan dengan cara turun langsung ke lapangan untuk mengamati masalah yang ada. Kemudian dilakukan perumusan masalah guna menetapkan sasaran-sasaran yang akan dibahas dalam penelitian dan mencari solusi untuk masalah yang ada dengan teori-teori yang telah dipelajari selama masa kuliah maupun referensi. Tahap akhir yang dilakukan pada identifikasi awal ini adalah menentukan tujuan dan manfaat penelitian supaya masalah yang akan dibahas menjadi lebih fokus. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan metode peramalan terbaik dari GM (2,1) dan GM (1,1).

Tahap kedua adalah pengumpulan data. Data yang digunakan untuk penelitian ini adalah data pemakaian bahan bakar alternatif di PT. Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk. Data diperoleh selama studi lapangan di perusahaan pada tanggal baik menggunakan pengamatan langsung maupun wawancara. Data yang diperoleh antara lain, profil perusahaan, data pemakaian bahan baku *wooden saw dust* mulai dari Januari 2012-september 2014, sedangkan dalam penelitian ini hanya menggunakan data historis empat bulan terakhir.

Tahap terakhir, yaitu Pengolahan data yang dilakukan dengan menggunakan metode *grey* GM (2,1). Kemudian, hasil peramalan dari GM (2,1) dihitung nilai *error*nya dengan metode *mean squared error* (MSE). Hasil perhitungan nilai *error* dari GM (2,1) ini lalu dibandingkan dengan hasil perhitungan nilai *error* GM (1,1) hasil penelitian Lokita dan Rosyidi (2015).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan *Grey Forecasting* GM (2,1)

Data historis dari pemakaian bahan bakar *wooden saw dust* selama empat periode dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data Aktual *Wooden Saw Dust*

WSD	1023,272	1035,564	1055,637	1077,963
-----	----------	----------	----------	----------

Data historis dinotasikan sebagai $X^{(0)}$ yang ditulis seperti berikut.

$$X^{(0)} = (1023,272; 1035,564; 1055,637; 1077,963)$$

dimana $k = 1, 2, 3, 4, \dots, n$

Pada tabel 1. Ditunjukkan data historis selama empat periode. Variabel k menunjukkan jumlah data dari data historis.

Kemudian hitung *first order generation operation* (1-AGO) dari $X^{(0)}$ yang dinotasikan sebagai $X^{(1)}$ dengan persamaan (2) dan hasil perhitungannya sebagai berikut:

$$x^{(1)} = (1023,272+1035,564, 1023,272+1035,564+1055,637, 1023,272+1035,564+1055,637+1077,963) = (2058,836; 3114,473; 4192,436).$$

Selanjutnya nilai 1-AGO diubah menjadi 1-IAGO dengan persamaan (3) dan didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\alpha^{(0)} X^{(1)} = 12,292; 20,073; 22,326$$

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

$$z^{(1)}(k) = \left(\frac{1023,272 + 2058,836}{2}, \frac{2058,836 + 3114,473}{2}, \frac{3114,473 + 4192,436}{2} \right) = (1541,054; 2586,6545; 3652,4545)$$

Kemudian menghitung nilai B dan Y, yang didapatkan dari:

$$B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & [z^{(1)}(2)]^2 \\ -z^{(1)}(3) & [z^{(1)}(3)]^2 \\ -z^{(1)}(4) & [z^{(1)}(4)]^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1541,054 & 2374847,431 \\ -2586,6545 & 6690781,5 \\ -3653,4545 & 1334729,78 \end{bmatrix}$$

$$Y = [12,292 \quad 20,073 \quad 22,326]^T$$

$$[B^T B]^{-1} = \begin{bmatrix} 2,24134 \times 10^7 & -6,97318 \times 10^{10} \\ -6,97318 \times 10^{10} & 2,28568 \times 10^{14} \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} 8,7757 \times 10^{-7} & 2,6773 \times 10^{-10} \\ 2,6773 \times 10^{-10} & 8,60543 \times 10^{-14} \end{bmatrix}$$

$$B^T Y = \begin{bmatrix} -152431,5767 \\ 4,6149 \times 10^8 \end{bmatrix}$$

Sehingga nilai dari,

$$\hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = [B^T B]^{-1} B^T Y = \begin{bmatrix} -0,0102128 \\ -1,09667 \times 10^{-6} \end{bmatrix}$$

Dengan $x^{(1)}(0) = x^{(1)}(1)$, didapatkan urutan waktu respon *Verhulst* yang dinyatakan oleh persamaan berikut,

$$\hat{x}(k+1) = \frac{ax^{(1)}(0)}{bx^{(1)}(0) + [a - bx^{(1)}(0)]e^{ak}}$$

Dengan mengasumsikan bahwa $x^{(1)}(0) = x^{(1)}(1)$, maka

$$\hat{x}(k+1) = \frac{-10,4505}{-0,0011 + (-0,00909e^{-0,01021k})}$$

Maka, hasil peramalan kebutuhan bahan bakar *wooden saw dust* di PT. Indocement Tunggul Prakarsa, Tbk adalah

$$\hat{x}(1) = \frac{-10,4505}{-0,0011 + (-0,00909e^{-0,01021k})} = \frac{-10,4505}{-0,0011 + (-0,00909e^{-0,01021(0)})} = 1023,272$$

$$\hat{x}(2) = 1032,6113$$

$$\hat{x}(3) = 1042,0251$$

$$\hat{x}(4) = 1051,5139$$

$$\hat{x}(5) = 1061,0779$$

Setelah mendapatkan hasil peramalan dengan GM (2,1), langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *error* dengan metode *Mean squared error*(MSE) dengan persamaan (7).

Hasil perhitungan nilai *error* GM (2,1) dan GM (1,1) ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan nilai *error* GM (2,1)

Periode	GM (2,1)				GM (1,1)
	Error	Absolut error	e ²	MSE	MSE
1	2,952707	2,952707	8,718476	8,718476	0,1196
2	13,61189	13,61189	185,2835	97,00101	0,2236
3	26,44915	26,44915	699,5575	297,8532	0,1869

Berdasarkan hasil pengolahan data diatas dapat disimpulkan bahwa peramalan bahan bakar alternatif dengan *grey forecasting* GM (1,1) masih lebih baik dibandingkan dengan GM (2,1). Hal ini dapat dilihat dari hasil perhitungan nilai *error* pada tabel 2 menunjukkan bahwa nilai *error* GM (1,1) pada periode pertama sebesar 0,1196, sedangkan pada GM (2,1) nilai *error*nya sebesar 8,7185. Maka, pada periode pertama metode GM (1,1) memberikan kinerja 98% persen lebih baik dibanding metode GM (2,1). Hasil peramalan GM (1,1) pada periode dua juga memberikan kinerja yang lebih baik dibanding GM (2,1) yaitu sebesar 99%. Hasil serupa juga diperoleh pada hasil peramalan di periode tiga dimana GM (1,1) memiliki hasil peramalan 99% lebih baik dibanding GM (2,1).

SIMPULAN

Grey forecasting merupakan salah satu metode peramalan yang dapat digunakan untuk meramalkan suatu kondisi dimasa yang akan datang meskipun data yang tersedia terbatas. Dalam penelitian ini menggunakan data pemakaian bahan bakar selama empat periode. Hasil peramalan dengan *Grey Forecasting* menunjukkan bahwa GM (1,1) memiliki hasil peramalan yang lebih akurat dibanding GM (2,1).

PUSTAKA

- Deng, J. (1982). Control Problems of Grey System, Problem and Control Letters, Vol. , 288-294.China.
- Gan R., dkk. (2014). Application of a Hybrid Method Combining Grey Model and Back Propagation Artificial Neural Networks to Forecast Hepatitis B in China.China: School of Preclinical Medicine, Guangxi Medical University.
- Heizer, J. Dan Render B. (2005). Operation Management, Edisi 7. Jakarta: Penerbit salemba Empat.
- Hui, S., dkk. (2009). Application of Grey System to Forecast The Growth of Larch. Vol. 5, No 3-4. Pp 522-527.
- Markidakis, Wheelwright, and McGee.(1999). Metode dan Aplikasi Peramalan. Binarupa Aksara, Jakarta.
- Nariswari, N.L. dan Cucuk N. Rosyidi. Aplikasi Metode *Grey Forecasting* Pada Peramalan Kebutuhan Bahan Bakar Alternatif Ramah Lingkungan di PT. Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk.
- S.F. Liu and Lin. (2006).Grey Information Theory and Practical Application, Springer, London, UK.
- Wu, H.-H., Liao A.Y.H. and Wang P.C., (2004). Using Grey Theory In Quality Function Deployment to analyse Dynamic Customer Requirements. Int J Adv Manuf Technol 25: 1241-1247.
- Xu Ning and Yao-guo D. (2014).An Optimised Grey (2,1) Model and Forecasting of Highway subgrade China: Settlement, Nanjing.
- Yi Shao and Hai-jun S. (2012).On Approximating Grey Model DGM (2,1), China: China West University.