

ANALISA PERBANDINGAN METODE EKSPONENSIAL WINTER DAN METODE DEKOMPOSISI *TIME SERIES* UNTUK MEMPREDIKSI PENJUALAN BRIKET BATU BARA

Dewi Mashitasari^{1*}, Soehardjoepri², Farida Agustini Widjati³

¹Program Studi Statistik, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas PGRI Argopuro Jember
sarishita0423@gmail.com*

²Departemen Aktuaria, Fakultas Sains dan Analitika Data, ITS Surabaya
djoepri.its@gmail.com

³Departemen Matematika, Fakultas Sains dan Analitika Data, ITS Surabaya
faw@matematika.its.ac.id

*Penulis Koresponden

Abstrak. Indonesia sangat kaya dengan Sumber Daya Alam, termasuk salah satunya adalah hasil bumi pertambangan. Hasil bumi pertambangan di Indonesia sangat beragam yaitu minyak bumi, gas alam, nikel, emas, batu bara, dan lain-lain. Hasil tambang batu bara itu sendiri mengalami peningkatan permintaan dalam beberapa tahun terakhir. Salah satu produk pengembangan dari pertambangan batu bara adalah briket. Briket adalah bahan bakar padat yang terbuat dari bahan-bahan yang mudah terbakar seperti arang, serbuk gergaji, atau limbah biomassa lain yang dipadatkan. Sebagai Badan Usaha Milik Negara (BUMN), PT. Tambang Batu Bara Bukit Asam Tbk. (PTBA) memiliki mandat untuk mengoptimalkan pengembangan dan layanan terkait briket batu bara, dengan tujuan meningkatkan penetrasi pasar dan minat masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk menyediakan landasan prediktif bagi PTBA mengenai proyeksi angka penjualan briket batu bara. Pada penelitian ini, menyajikan dua metode, yaitu Metode Ekspensial Winter dan Metode Dekomposisi *Time Series*. Dua metode tersebut akan dianalisa untuk mendapatkan metode terbaik untuk memprediksi angka penjualan briket batu bara.

Kata kunci: Dekomposisi *Time Series*, Ekspensial Winter, *Forecasting*

Abstract. Indonesia is very rich in Natural Resources, including one of which is mining products. Mining products in Indonesia are very diverse, namely petroleum, natural gas, nickel, gold, coal, and others. The results of coal mining itself have experienced an increase in demand in recent years. One of the products developed from coal mining is briquettes. Briquettes are solid fuels made from combustible materials such as charcoal, sawdust, or other compacted biomass waste. As a State-Owned Enterprise (BUMN), PT. Tambang Batu Bara Bukit Asam Tbk. (PTBA) has a mandate to optimize the development and services related to coal briquettes, with the aim of increasing market penetration and public interest. This study aims to provide a predictive basis for PTBA regarding the projection of coal briquette sales figures. In this study, two methods are presented, namely the Winter Exponential Method and the Time Series Decomposition Method. The two methods will be analyzed to obtain the best method for predicting coal briquette sales figures.

Keywords: Time Series Decomposition, Winter Exponential, *Forecasting*

1. PENDAHULUAN

Briket batu bara adalah bahan bakar alternatif yang dibuat dari batu bara yang sudah diproses di pabrik agar sesuai dengan kebutuhan industri kecil dan rumah tangga. Briket batu bara memiliki dua jenis/bentuk, yaitu bentuk super/telur (50 x 50 x 40 mm) dengan berat 50 gram dan bentuk kubus (125 x 125 x 70 mm) dengan berat 1000 gram. Temperatur nyala 700 derajat Celcius.

Briket batu bara memiliki beberapa karakteristik unggul yang menjadikannya pilihan menarik sebagai bahan bakar. Keunggulan ini meliputi minimnya emisi asap dan bau selama pembakaran, sifat non-toksik, serta keamanan operasional yang tinggi karena tidak adanya risiko ledakan. Selain itu, residu abu yang dihasilkan dari pembakaran briket ini menunjukkan potensi pemanfaatan sekunder yang beragam, termasuk sebagai agen abrasif, aditif pupuk, dan komponen material konstruksi.

Dalam konteks aplikasi praktis, briket batu bara secara luas digunakan dalam berbagai sektor. Pemanfaatannya mencakup kebutuhan domestik seperti memasak, pemanas pada peternakan ayam, proses pengeringan komoditas pertanian dan perkebunan (misalnya, tembakau, karet, dan kopi), serta operasi pembakaran industri untuk produksi genteng dan kapur.

Kriteria MSE (*Mean Square Error*)

Kesalahan rata-rata kuadrat atau MSE diperoleh dengan cara setiap kesalahan atau residual dikuadratkan, kemudian dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah observasi.

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (\hat{Z}_t - Z_t)^2}{n} \quad (1)$$

dimana n merupakan jumlah data, Z_t merupakan nilai sebenarnya dan $\hat{Z}_t$ merupakan nilai *forecast* untuk Z_t .

Kriteria MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*)

Dalam menunjukkan kesalahan yang disebabkan oleh suatu proses *forecasting*, ada beberapa ukuran yang dapat digunakan, yaitu *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). MAPE menunjukkan seberapa besar persentase kesalahan prediksi dibandingkan dengan nilai aktual

pada *Time Series*. Selain itu, MAPE juga digunakan untuk membandingkan akurasi dari teknik *forecasting* yang sama atau berbeda pada dua deret waktu yang berbeda. Adapun perhitungan nilai MAPE adalah sebagai berikut :

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{Y_t} \times 100 \quad (2)$$

2. METODE PENELITIAN

Bagian ini menguraikan prosedur analitis dan metode pengolahan data yang diterapkan dalam penelitian ini.

2.1 Langkah – langkah Analisa Data

Tahapan analisis data melibatkan studi literatur, pengumpulan data, tahap memodelkan, tahap forecasting dan tahap pemilihan metode terbaik.

2.2 Penarikan Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan beberapa poin kunci: pembentukan model prediksi menggunakan dua metode yang dianalisis, perolehan nilai prediksi untuk angka penjualan briket batu bara, dan identifikasi model prediksi terbaik untuk tujuan tersebut..

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1.Fungsi Autokovarian, Fungsi ACF, dan Fungsi PACF

William W.S. Wei menyampaikan bahwa proses stasioner Z_t dengan *mean* $E(Z_t)=\mu$ dan *varians* $\text{var}(Z_t) = \sigma^2$ yang merupakan suatu konstanta, dan kovarian $\text{cov}(Z_t, Z_s)$ yang merupakan fungsi dengan beda waktu $|t-s|$. Hal tersebut dapat dirumuskan kovarian antara Z_t dan Z_{t+k} sebagai berikut :

$$\gamma_k = \text{cov}(Z_t, Z_{t+k}) = E(Z_t - \mu)(Z_{t+k} - \mu) \quad (3)$$

dan korelasi antara Z_t dan Z_{t+k} adalah :

$$\rho_k = \frac{\text{cov}(Z_t, Z_{t+k})}{\sqrt{\text{var}(Z_t)}\sqrt{\text{var}(Z_{t+k})}} = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} \quad (4)$$

dimana $\text{var}(Z_t) = \text{var}(Z_{t+k}) = \gamma_0$. Pada fungsi k , γ_k disebut fungsi autokovarian dan ρ_k disebut fungsi autokorelasi (ACF). Dari referensi [3], fungsi autokorelasi parsial (PACF) adalah korelasi antara Z_t dan Z_{t+k} Setelah mengeliminasi dampak dependensi antara variabel $Z_{t+1}, Z_{t+2}, \dots, Z_{t+k-1}$ fungsi PACF (*Partial Autocorrelation Function*) dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$\phi_{kk} = \text{corr}(Z_t, Z_{t+k}, \dots, Z_{t+1}, \dots, Z_{t+k-1}) \quad (5)$$

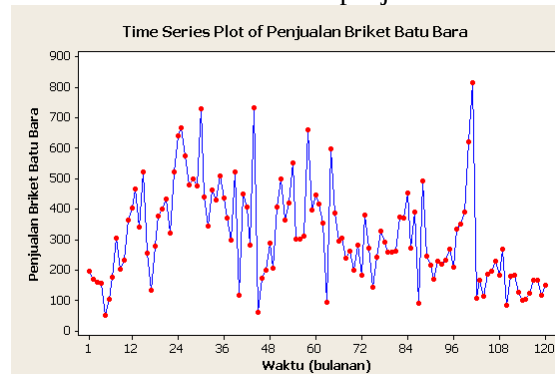
Syarat untuk menggunakan analisa deret waktu adalah data harus stasioner. Berikut ini adalah statistik deskriptif dari data Penjualan Briket Batu Bara dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Statistik Deskriptif Data Penjualan Briket Batu Bara

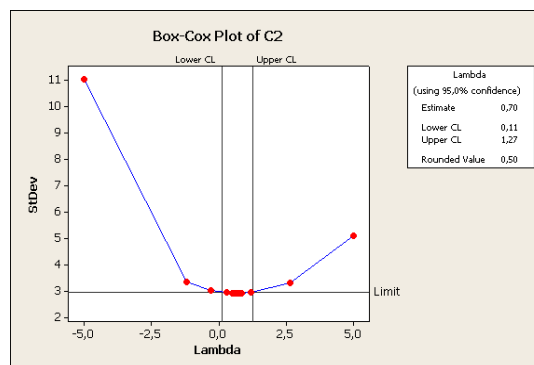
DATA	SUM	MEAN	VARIANCE	MIN	MAX
Penjualan Briket Batu Bara	120	314,93	25634,74	49,34	816,46

Data yang akan diolah adalah data penjualan briket batu bara PT. Tambang Batu Bara Bukit Asam Tbk. (PTBA). Jumlah data yang diambil adalah 120 data bulanan. Kemudian diperoleh nilai *mean* 314,93 (nilai *mean* sebenarnya adalah 314,9283667 - dilakukan pembulatan untuk mempermudah penghitungan) sedangkan varian dari data yaitu 25634,74. Nilai minimum dari data adalah 49,34 sedangkan nilai maksimumnya adalah 816,476. Berikut adalah plot dari data :

Gambar 1 Plot *time series* data penjualan briket batu bara

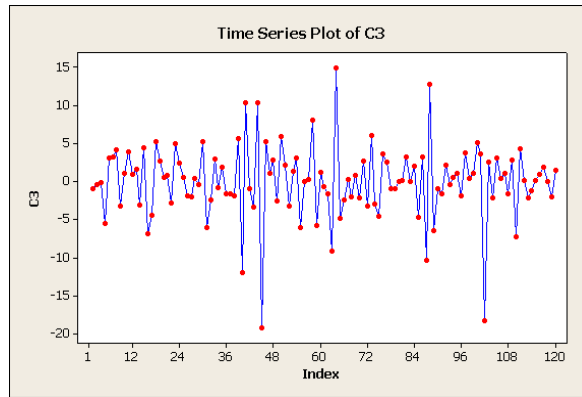


Gambar 2 Plot Box-Cox dengan Transformasi Akar



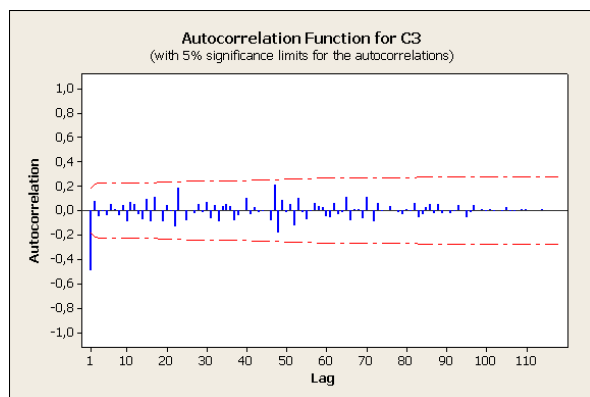
Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai λ berada disekitar 1. Hal ini menunjukkan bahwa data sudah stasioner (dalam varian). Langkah selanjutnya adalah menstasionerkan data dalam *mean* melalui proses *differencing*. Gambar 2 menunjukkan plot data setelah mencapai stasioneritas dalam *mean* dan varian.

Gambar 3 Plot data yang telah stasioner

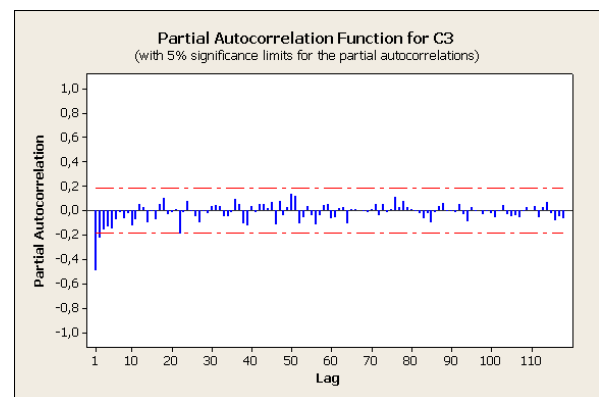


Dari gambar di atas terlihat bahwa data Penjualan Briket Batu Bara telah stasioner (dalam *mean* dan varian) serta linear. Plot ACF dan PACF dari data yang telah stasioner dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 5 berikut ini :

Gambar 4 Plot ACF data penjualan briket batu bara



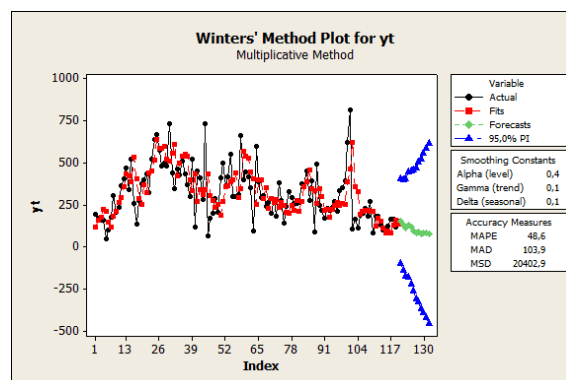
Gambar 5 Plot PACF data penjualan briket batu bara



3.2 Metode Eksponensial Winter

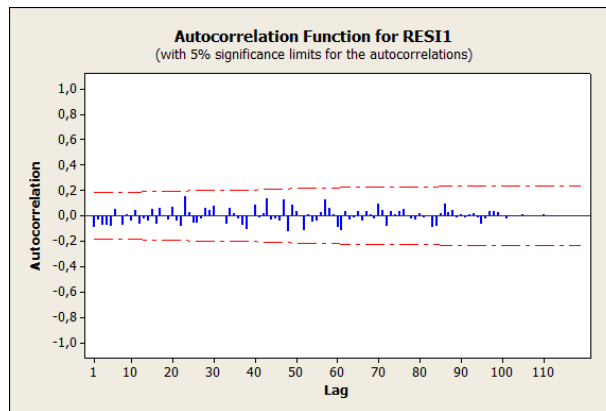
Dengan menggunakan bantuan Minitab 14, penulis mencoba untuk mendapatkan gambar hasil *forecasting* Data Penjualan Briket Batu Bara. Penulis memasukkan nilai $\alpha_1 = 0,4$; $\alpha_2 = 0,1$; $\alpha_3 = 0,1$. Dari Gambar 6 merupakan gambar hasil *forecasting*.

Gambar 6 Plot Metode Eksponensial Winter



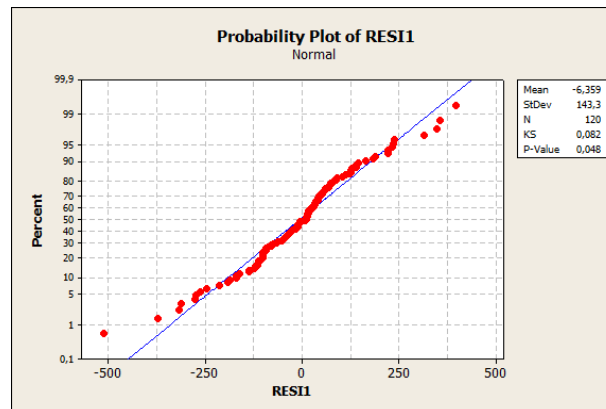
Kemudian, langkah pertama untuk melihat apakah Metode Eksponensial Winter dapat digunakan untuk *forecasting*, kita melihat autokorelasi residual dari data. Dari Gambar 7 terlihat bahwa tidak terdapat autokorelasi dari residual.

Gambar 7 Plot Autokorelasi Residual Data



Langkah kedua untuk melihat apakah Metode Eksponensial Winter dapat digunakan untuk *forecasting* adalah dengan melakukan *Normality Test* residual data. *Normality Test* residual data dilakukan untuk melihat apakah $P\text{-value} > 0,05$. Dari Gambar 8 terlihat bahwa $P\text{-value}$ bernilai 0,048 ($P\text{-value} < 0,05$) sehingga data tidak berdistribusi normal.

Gambar 8 Plot Normality Test Residual Data



Berikut ini adalah Tabel 2 yang merupakan hasil *forecast* untuk 12 periode yang akan datang dengan menggunakan Metode Eksponensial Winter.

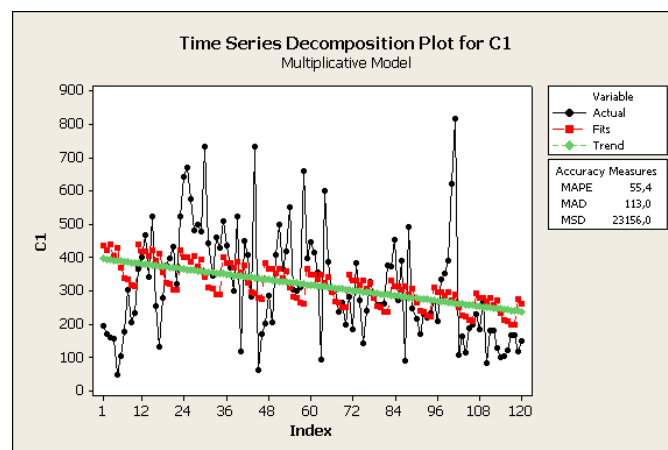
Tabel 2 Hasil *Forecasting* dengan Metode Eksponensial Winter

n	$z_n(1)$
121	130,8039
122	116,7968
123	119,1515
124	114,133
125	106,6298
126	100,926
127	97,05485
128	93,67611
129	90,33549
130	84,36513
131	77,2335
132	73,778

3.3 Metode Dekomposisi *Time Series*

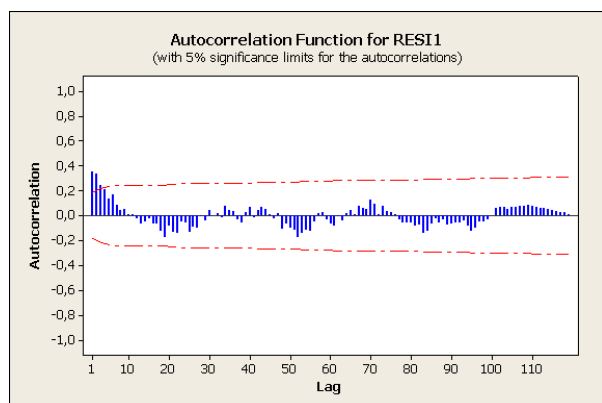
Dengan menggunakan Minitab 14, didapatkan plot dari Dekomposisi *Time Series*. Lihat Gambar 9.

Gambar 9 Plot Dekomposisi *Time Series*

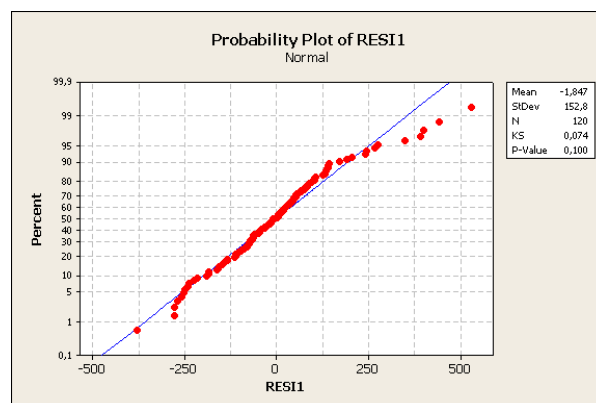


Pada bahasan ini, untuk melihat apakah Metode Dekomposisi *Time Series* dapat digunakan dalam *forecasting*, maka memerlukan perlakuan yang sama dengan Metode Eksponensial Winter. Terdapat dua langkah, yaitu melihat plot autokorelasi dari residual data dan melihat *P-value* dengan *Normality Test*. Plot autokorelasi dan *Normality Test* dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11.

Gambar 10 Plot Autokorelasi Residual Data



Gambar 11 Plot Normality Test Residual Data



Dari Gambar 10 terlihat bahwa terdapat autokorelasi pada lag 1 sampai dengan lag 4. Sedangkan dari Gambar 11, terlihat bahwa *P-value* residual data $> 0,05$. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi normal. Dapat disimpulkan bahwa Metode Dekomposisi *Time Series* dapat digunakan untuk *forecasting* Data Penjualan Briket Batu Bara. Di bawah ini adalah hasil *forecasting* untuk 12 periode kedepan.

Tabel 3 Hasil *Forecasting* dengan Metode Dekomposisi *Time Series*

t	$\bar{Y}$
121	268,8285
122	231,7642
123	222,9841
124	264,7537
125	260,1696
126	214,3217
127	182,5977
128	221,2036
129	172,8914
130	201,8611
131	228,8246
132	230,69

Pada persamaan umum Metode Dekomposisi *Time Series*, mengandung empat pengaruh, yaitu pengaruh *trend*, *seasonal*, *cycle*, dan komponen tak beraturan. Pada penjelasan di atas, hanya menganalisa tentang faktor *trend* dan musiman saja. Dalam suatu *forecasting*, tidak luput dengan adanya error. Dengan adanya faktor *cycle* dan komponen tak beraturan maka kita dapat melihat seberapa besar error *forecasting* untuk masing – masing periode.

3.4 Pemilihan Metode Terbaik

Untuk mendapatkan metode terbaik, langkah yang digunakan adalah dengan membandingkan MAPE dan MSE (*In Sample* dan *Out Sample*) dari dua metode. Lihat Tabel 4.

Tabel 4 Nilai MAPE dan MSE *In Sample* dan *Out Sample*

	MAPE		MSE	
	Winter 0,4;0,1;0,1	Dekomposisi <i>Time Series</i>	Winter 0,4;0,1;0,1	Dekomposisi <i>Time Series</i>
<i>IN SAMPLE</i>	15,2606	89,86215	146,7134	708,8621
<i>OUT SAMPLE</i>	26,12723	35,78965	683,3751	821,3873

Dari tabel di atas terlihat bahwa nilai MAPE dan MSE Metode Eksponensial Winter menunjukkan nilai paling kecil, sehingga dapat disimpulkan bahwa Metode Eksponensial Winter merupakan metode yang menghasilkan *forecast* lebih baik daripada Metode Dekomposisi *Time Series*.

4. KESIMPULAN

Dari analisa data dan pembahasan, dapat penulis simpulkan sebagai berikut :

1. Bentuk Model dari Penjualan Briket Batu Bara adalah sebagai berikut :

- a. Metode Eksponensial Winter

Didapatkan Model Multiplikatif ($\alpha_1 = 0,4$; $\alpha_2 = 0,1$; $\alpha_3 = 0,1$) dengan bentuk :

$$\begin{aligned}
 \text{Pemuatan Keseluruhan} &: \hat{\mu}_{n+1} = \alpha_1 \frac{Z_{n+1}}{\hat{\mu}_n} + (1-\alpha_1)(\hat{\mu}_n + \hat{\beta}_n) \\
 \text{Pemuatan Trend} &: \hat{\beta}_{n+1} = \alpha_2 (\hat{\mu}_{n+1}^{n+1-s} - \hat{\mu}_n^{n+1-s}) + (1-\alpha_2) \hat{\beta}_n \\
 \text{Pemuatan Musiman} &: \hat{S}_{n+1} = \alpha_3 \frac{Z_{n+1}}{\hat{\mu}_{n+1}} + (1-\alpha_3) \hat{S}_{n+1-s} \\
 \text{Forecasting} &: \hat{z}_n(l) = (\hat{\mu}_n + \hat{\beta}_n l) \hat{S}_{n+l-s}
 \end{aligned}$$

- b. Metode Dekomposisi *Time Series*

Didapatkan Model Multiplikatif dengan bentuk : $tr_t = 398,97079 - 1,376272 t$

2. Hasil *forecast* untuk dua metode untuk 12 bulan (periode September 2007 sampai dengan periode September 2008) yang akan datang adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Tabel hasil *forecast* dua metode

	Winter (0,4;0,1;0,1)	Dekomposisi <i>Time Series</i>
121	130,8039	268,8285
122	116,7968	231,7642
123	119,1515	222,9841
124	114,1733	264,7537
125	106,6298	260,1696
126	100,926	214,3217
127	97,05485	182,5977
128	93,67611	221,2036
129	90,33549	172,8914
130	84,36513	201,8611
131	77,2335	228,8246
132	73,778	230,69

3. Dari dua metode yang dianalisa, didapatkan metode terbaik untuk *forecast* Data Penjualan Briket Batu Bara (dengan menggunakan uji perbandingan *In Sample* dan *Out Sample*) yaitu Metode Eksponensial Winter

Selain dua metode tersebut di atas, penulis memberikan saran untuk melakukan *forecast* Penjualan Briket Batu Bara dengan Metode REGRESI.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini, yang berjudul "Analisa Perbandingan Metode Eksponensial Winter dan Metode Dekomposisi *Time Series* untuk Memprediksi Angka Penjualan Briket Batu Bara", telah berhasil diselesaikan. Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih memiliki keterbatasan, sehingga saran dan kritik konstruktif sangat diharapkan untuk penyempurnaan di masa mendatang. Penulis berharap penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi penulis secara pribadi dan pembaca pada umumnya.

REFERENSI

- [1] Abraham, Bovas, and Ledolter, Johannes. 1983. Statistical Methods For Forecasting. *United State of America : John Wiley and Sons.*
- [2] Makridakis, S. Wheelwright, SC and McGele, Victor El. 1999. Metode dan Aplikasi Peramalan. Diterjemahkan oleh Suminto, Hari Ir. Jakarta: Binarupa Aksara.
- [3] Murniingsih, Yuli. 2004. Perbandingan Metode ARIMA BOX-JENKINS dan Metode ExponensialAutoregresive (EXPAR) Pada Pemodelan Data Bilangan Sunspot. Tugas Akhir S1 Jurusan Statistika.
- [4] Raharjo, Imam Budi. 2006. Mengenal Batu bara. <http://www.indeni.org/content/blogcategory/25/64/>

- [5] Wang, Ying, and Lim, Christine. 2005. "Using Time Series to Forecast Tourist Flows".
Proceeding Of The International Conference on Simulation and Modelling. Australia.
- [6] Wei, W.W.S. 1990. Time Series Analysis : Univariate and Multivariate Methods.
United State of America : Addison-Wesley Publishing Company.