

# USULAN PERENCANAAN *FORECASTING*, *SAFETY STOCK* & *MIN-MAX STOCK* PERSEDIAAN BAHAN BAKAR BATU BARA PADA SUB BIDANG PENGELOLAAN ENERGI PRIMER PLTU ADIPALA MENGGUNAKAN METODE *TIME SERIES*

Afish Maulana Ar-Rifa'i<sup>1</sup>, Hery Suliantoro<sup>2</sup>

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

## Abstrak

PT PLN Indonesia Power UBP Jawa Tengah 2 merupakan salah satu PLTU yang dimiliki oleh PLN dengan kontribusi sekitar 660 MW dari 31.455 MW daya mampu sistem kelistrikan Jawa-Bali saat ini. Untuk mengelola batu bara secara terstruktur dan terukur, Direksi PLN mengeluarkan peraturan yang menetapkan batas stok rata-rata batu bara konsolidasi untuk PLTU Non Mulut Tambang, yaitu sebesar > 22 hari operasi (HOP). Stok kritis untuk PLTU Non Mulut Tambang ditetapkan sebesar < 15 hari operasi (HOP). Selain itu, setiap PLTU juga diharuskan memiliki *Safety Stock* dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhi pasokan batubara. Dalam penelitian ini, penelitian dilakukan dengan *forecasting* menggunakan metode *time series*, perhitungan *safety stock* untuk menjaga kekurangan stok, menghitung *reorder point* untuk mengetahui titik pemesanan ulang serta metode *min-max* untuk mengetahui titik minimum dan maksimum. Metode *time series* yang tepat digunakan adalah metode *Single Exponential Smoothing* karena memiliki hasil *error* MAPE terkecil yaitu sebesar 33,19%. Dari hasil perhitungan, nilai *safety stock* yang diusulkan oleh untuk perusahaan adalah sebesar 45626,62 ton atau setara dengan 9 HOP pada *service level* 90% dan sebesar 69865,76 ton atau setara dengan 13 HOP pada *service level* 95%. Sementara itu berdasarkan *lead time* dan *safety stock*, waktu pemesanan kembali bahan bakar dilakukan apabila jumlah persediaan di *inventory* telah mencapai 96418,69 ton atau setara dengan 18 HOP pada *service level* 90% dan 120657,84 ton atau setara dengan 22 HOP pada *service level* 95%. Didapatkan nilai minimum *stock* pada *service level* 90% sebesar 96418,69 ton atau setara dengan 18 HOP dan pada *service level* 95% sebesar 120657,84 ton atau setara dengan 22 HOP. Didapatkan pula nilai maksimum *stock* pada *service level* 90% sebesar 147210,78 ton atau setara dengan 27 HOP dan pada *service level* 95% sebesar 171449,92 ton atau setara dengan 31 HOP.

**Kata kunci:** *Forecasting; Time series; Safety Stock; Min-Max Stock*

## Abstract

PT PLN Indonesia Power UBP Central Java 2 Adipala is one of the power plants owned by PLN, contributing approximately 660 MW to the current 31,455 MW total generating capacity of the Java-Bali electricity system. The PLN Board of Directors issued a regulation setting a consolidated average coal stock limit for non-mine-mouth coal-fired power plants (PLTUs) of >22 operating days (HOP). The critical stock for non-mine-mouth coal-fired power plants is set at <15 operating days (HOP). In addition, each power plant is also required to maintain safety stock, taking into account factors that may affect the coal supply. In this study, the research was conducted using time series forecasting, safety stock calculation to prevent stock shortages, reorder point calculation to determine the reorder timing, as well as the min-max method to determine minimum and maximum stock levels. The appropriate time series method used is the Single Exponential Smoothing method, as it produced the lowest MAPE error of 33.19%. Based on the calculations, the proposed safety stock values for the company are 45,626.62 tons or equivalent to 9 HOP at a 90% service level, and 69,865.76 tons or equivalent to 13 HOP at a 95% service level. Meanwhile, based on lead time and safety stock, the reorder point for fuel should occur when inventory levels reach 96,418.69 tons or equivalent to 18 HOP at a 90% service level, and 120,657.84 tons or equivalent to 22 HOP at a 95% service level. The minimum stock value obtained is 96,418.69 tons (18 HOP) at a 90% service level and 120,657.84 tons (22 HOP) at a 95% service level. The maximum stock value is 147,210.78 tons (27 HOP) at a 90% service level and 171,449.92 tons (31 HOP) at a 95% service level.

**Keywords:** *Forecasting; Time series; Safety Stock; Min-Max Stock*

## 1. Pendahuluan

PT PLN Indonesia Power UBP Jawa Tengah 2 Adipala atau yang biasa disebut dengan PLTU Adipala merupakan salah satu PLTU yang dimiliki oleh PLN dengan kontribusi sekitar 660 MW dari 31.455 MW daya mampu sistem kelistrikan Jawa-Bali saat ini. Untuk mengelola batu bara secara terstruktur dan terukur, Direksi PLN mengeluarkan peraturan yang mengatur manajemen batu bara pembangkit di lingkungan PT PLN (Persero). Peraturan tersebut menetapkan batas stok rata-rata batu bara konsolidasi untuk PLTU Non Mulut Tambang, yaitu sebesar > 22 hari operasi (HOP). Stok kritis untuk PLTU Non Mulut Tambang ditetapkan sebesar < 15 hari operasi (HOP). Selain itu, setiap PLTU juga diharuskan memiliki *Safety Stock* dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhi pasokan batubara. Hal tersebut berarti bahwa harus dilakukan manajemen persediaan bahan bakar batubara dengan optimal pada PLTU Adipala dan dilakukan pengecekan secara berkala agar nantinya tidak terjadi *stockout* yang mengakibatkan terjadinya hambatan bagi PLTU dalam proses produksi listrik. Untuk itu dalam penelitian ini penulis ingin menentukan rekomendasi perencanaan peramalan yang tepat untuk penggunaan bahan bakar batubara disetiap bulannya selama periode 2024 serta menentukan usulan nilai *safety stock* dan *Min-Max* stok berdasarkan nilai peramalan penggunaan bahan bakar batubara. Dalam penelitian ini, penelitian dilakukan dengan *forecasting* menggunakan metode *time series*, perhitungan *safety stock* untuk menjaga kekurangan stok, menghitung *reorder point* untuk mengetahui titik pemesanan ulang serta metode *min-max* untuk mengetahui titik minimum dan maksimum.

## 2. Tinjauan Pustaka

### *Forecasting*

Peramalan adalah suatu metode yang digunakan untuk mengestimasi nilai di masa depan dengan merujuk pada data masa lalu. Definisi peramalan juga mencakup aspek seni dan ilmu dalam memprediksi kejadian yang akan terjadi di masa yang akan datang. Dalam konteks bisnis, aktivitas peramalan dianggap sebagai suatu fungsi yang berusaha memprediksi penjualan dan penggunaan produk, sehingga produk-produk tersebut dapat diproduksi dalam jumlah yang sesuai (Gaspersz, 2004). Pada dasarnya ada 3 langkah peramalan yang penting, yaitu:

1. Menganalisa data yang lalu, tahap ini berguna untuk pola yang terjadi pada masa lalu.
2. Menentukan data yang dipergunakan. Metode yang baik adalah metode yang memberikan hasil ramalan yang tidak jauh berbeda dengan kenyataan yang terjadi.
3. Memproyeksikan data yang lalu dengan menggunakan metode yang dipergunakan,

dan mempertimbangkan adanya beberapa faktor perubahan (perubahan kebijakan-kebijakan yang mungkin terjadi, termasuk perubahan kebijakan pemerintah, perkembangan potensi masyarakat.

### Tahapan dalam *Forecasting*

Peramalan yang baik merupakan peramalan yang dilakukan dengan mengikuti prosedur penyusunan yang baik. Berikut langkah-langkah dari *forecasting* (Supranto, 1984):

- a. Konversi data untuk agregasi data
- b. Plot Data

Plot data adalah metode untuk menggambarkan data dalam bentuk grafik. Tujuannya adalah untuk melihat pola data yang terbentuk. Pola data ini akan membantu kita dalam memilih metode peramalan yang tepat. Berikut adalah beberapa jenis plot data yang dapat digunakan:

- Trend  
Pola tren adalah kecenderungan data untuk naik atau turun dalam jangka panjang (Firdaus, 2006). Pola data tren terjadi jika terdapat kenaikan atau penurunan sekuler jangka panjang dalam data.
- Musiman  
Pola ini merupakan fluktuasi data yang berulang dalam interval tertentu, seperti harian, mingguan, atau bahkan bulanan (Firdaus, 2006).
- Siklis  
Siklus dapat diartikan sebagai variasi yang menyerupai gelombang di sekitar tren atau dapat diidentifikasi sebagai pola data musiman yang berulang dalam jangka panjang, biasanya terjadi setiap lima hingga sepuluh tahun (Firdaus, 2006).
- Stasioner  
Dalam konteks ini, walaupun terdapat perubahan nilai, namun jika diambil rata-rata, data tetap berada pada titik rata-rata (Firdaus, 2006).
- Tak Berturan  
Menurut (Gujarati & Porter, 2009), pola data tak beraturan adalah pola data yang tidak menunjukkan kecenderungan atau pola yang berulang. Pola data ini sering kali disebabkan oleh faktor-faktor yang tidak dapat diprediksi, seperti bencana alam, peristiwa politik, atau perubahan teknologi.

- c. Memilih alternatif metode yang sesuai dengan plot data. Dengan asumsi bahwa pola akan berulang dimasa yang akan datang.
- d. Melakukan uji verifikasi dengan menghitung error dari metode-metode yang digunakan.
- e. Memilih metode yang terbaik. Metode yang terbaik adalah metode yang memiliki nilai *error* terkecil.
- f. Melakukan uji validasi metode terpilih.

### Metode-metode *Time Series*

Metode-metode yang biasa digunakan dalam model deret waktu (*time series*), antara lain:

- a. Metode Rata-rata Bergerak (*Moving Average*)  
Metode *moving average* adalah metode peramalan yang memprediksi nilai variabel di masa depan dengan rata-rata dari beberapa nilai variabel di masa lalu (Ajeng, 2011). Metode ini diperoleh dengan merata-ratakan permintaan berdasarkan data masa lalu yang
- b. *Simple Average*  
Menurut (Ajeng, 2011), metode *simple average* adalah metode peramalan yang menetapkan bahwa ramalan pada periode mendatang merupakan hasil rata-rata dari nilai periode sebelumnya dengan jumlah konstan.
- c. *Single Moving Average*  
Metode *Single Moving Average* merupakan metode peramalan yang dilakukan dengan mengambil sekelompok nilai pengamatan, mencari nilai rata-rata tersebut sebagai ramalan untuk periode yang akan datang (Fahreza, 2022).
- d. *Double Moving Average*  
Metode *Double Moving Average* merupakan metode rata-rata bergerak linier yang digunakan untuk mengatasi data deret waktu dengan pola yang cenderung mengalami *trend linear* (Firdaus, 2006)
- e. *Exponential Smoothing*  
Menurut (Makridakis, Wheelwright, & McGee, 1992), metode *exponential smoothing* adalah metode peramalan yang memberikan bobot yang lebih besar terhadap nilai observasi yang lebih baru, dan bobot yang lebih kecil terhadap nilai observasi yang lebih tua. Metode ini dapat digunakan untuk berbagai macam pola data *time series*, termasuk pola data stasioner, non-stasioner, tren, musiman, dan siklus.

### **Safety Stock**

*Safety Stock* adalah jumlah stok tambahan yang dijaga untuk mengurangi risiko kekurangan stok yang dapat muncul akibat ketidakpastian dalam pasokan dan permintaan (Haizer & Render, 2005). Untuk menghitung besarnya *safety stock*, maka dapat digunakan persamaan berikut:

$$Safety\ Stock = Z\sigma\sqrt{L}$$

Keterangan :

- Z = Standar normal
- $\sigma$  = Standar deviasi
- L = *Leadtime*

### **Reorder Point**

Menurut (Haizer & Render, 2005), *Reorder Point* adalah titik pemesanan ulang adalah tingkat atau titik persediaan dimana tindakan harus diambil untuk mengisi kembali persediaan barang. Perhitungan waktu pemesanan kembali atau yang disebut dengan *reorder point* dilakukan untuk menentukan di level berapa pemesanan ulang dilakukan berdasarkan persediaan yang ada.

$$ROP = D \times LT + SS$$

Dimana :

- ROP = *Reorder Point*
- D = Rata-rata *Demand*
- LT = *Leadtime*
- SS = *Safety Stock*

### **Min-Max Stock**

Metode *min-max* adalah metode pengendalian persediaan yang bertujuan untuk menjaga kelangsungan operasi pabrik. Metode ini menetapkan dua titik, yaitu titik minimum dan titik maksimum untuk setiap jenis barang persediaan. Titik minimum adalah jumlah persediaan terendah yang harus selalu ada di gudang, sedangkan titik maksimum adalah jumlah persediaan tertinggi yang boleh ada di Gudang. Perhitungan persediaan pengaman ini dilakukan untuk menjadi *input* dalam perhitungan minimum dan maksimum persediaan (Silvia, 2013):

#### 1. *Safety Stock*

Berikut merupakan rumus untuk menentukan *safety stock*:

$$SS = (\text{Pemakaian Maks} - D) \times L$$

Keterangan :

- D = Pemakaian rata-rata per periode
- L = *Lead Time*

#### 2. Minimum persediaan

Berikut merupakan rumus untuk menentukan minimum persediaan:

$$\text{Minimum Persediaan} = (D \times L) + SS$$

Keterangan :

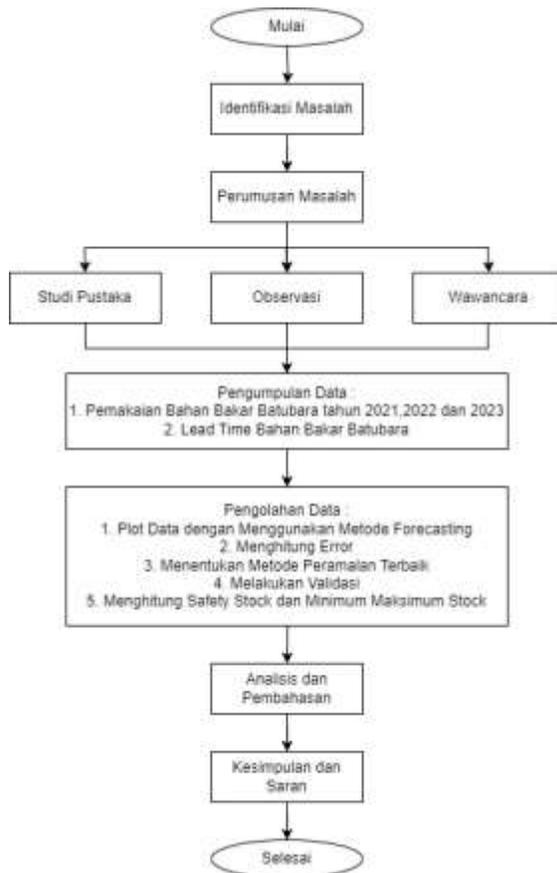
- D = Pemakaian rata-rata per periode
- L = *Lead Time*
- SS = *Safety Stock*

- Maksimum persediaan  
Berikut merupakan rumus untuk menentukan maksimum persediaan:  
Maksimum Persediaan =  $1,5 (D \times L) + SS$   
Keterangan :  
D = Pemakaian rata-rata per periode  
L = Lead Time  
SS = Safety Stock

### 3. Metodologi Penelitian

#### Alur Penelitian

Berikut merupakan alur penelitian ini:



**Gambar 1.** Alur Penelitian

#### Desain Penelitian

Berdasarkan rancangan yang telah dibuat, penelitian yang dilakukan berjenis *Exploratory Study*. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang fenomena atau masalah yang terjadi, sehingga dapat dikembangkan penelitian lanjutan yang lebih spesifik dan terukur. Tujuan studi dalam penelitian ini adalah kausal explanatori karena berusaha menjelaskan hubungan antar variabel dan dalam melakukan studi penelitian tersebut dilakukan analisa terhadap suatu kondisi, penyebab dan cara menanggulangnya

#### Metode Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data pemakaian bahan bakar batubara selama 3 tahun terakhir (2021-2023) dan data *leadtime* pengiriman batubara. Data ini digunakan sebagai inputan dalam melakukan *forecasting demand* bahan bakar batubara untuk 12 periode berikutnya. Serta data *leadtime* digunakan untuk menentukan *safety stock* yang kemudian digunakan untuk menghitung minimum maksimum stok batubara

#### Metode Pengolahan Data

Tahap awal pengolahan data ialah melakukan peramalan atau *forecasting* di PT PLN Indonesia Power UBP Jawa Tengah 2 Adipala pada masa yang akan datang. Metode peramalan yang akan digunakan adalah dengan metode *Single Moving Average*, *Double Moving Average*, *Single Exponential Smoothing*, dan *Double Exponential Smoothing*. Kemudian peneliti menghitung nilai *error* pada masing-masing metode untuk mengetahui metode mana yang memiliki nilai *error* paling kecil. Metode perhitungan *error* yang digunakan diantaranya dengan metode *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*, *Mean Absolute Deviation (MAD)*, dan *Mean Square Error (MSE)*.

### 4. Pengumpulan dan Pengolahan Data

#### Pengumpulan Data

##### 1. Data Pemakaian Batubara

Berikut merupakan data total pemakaian bahan bakar batubara di PT PLN Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkitan Jawa Tengah 2 Adipala selama 3 tahun terakhir dari tahun 2021, 2022 dan 2023 dalam satuan ton.

**Tabel 1.** Data Pemakaian Batubara 2021-2023

Periode		Data Historis
Tahun	Bulan	
2021	Januari	15,066.81
	Februari	158,010.39
	Maret	142,806.11
	April	246,791.37
	Mei	188,222.62
	Juni	104,649.23
	Juli	75,152.37
	Agustus	179,576.34
	September	218,675.66
	Oktober	230,441.16
	November	212,553.44
	Desember	167,204.44

Periode		Data Historis
Tahun	Bulan	
2022	Januari	172,762.01
	Februari	218,763.23
	Maret	217,264.96
	April	229,289.03
	Mei	186,003.99
	Juni	234,151.08
	Juli	225,875.55
	Agustus	225,436.73
	September	230,663.51
	Oktober	195,481.88
	November	172,762.01
	Desember	35,035.48
2023	Januari	0
	Februari	23,921.84
	Maret	162,536.33
	April	196,322.15
	Mei	213,463.60
	Juni	202,886.00
	Juli	192,257.02
	Agustus	168,136.89
	September	160,245.08
	Oktober	162,336.13
	November	161,350.50
	Desember	168,954.60
<b>Total</b>		6,095,049.52
<b>Rata-rata</b>		169,306.93

2. Data *Leadtime*

Berikut merupakan data *lead time* batubara di PT PLN Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkitan Jawa Tengah 2 Adipala selama 3 tahun terakhir dari tahun 2021, 2022 dan 2023 dalam satuan hari.

**Tabel 2.** Data *Leadtime* Batubara

Periode		Lead Time
Tahun	Bulan	
2021	Januari	11
	Februari	8
	Maret	9
	April	7
	Mei	8

Periode		Lead Time
Tahun	Bulan	
2022	Juni	10
	Juli	8
	Agustus	8
	September	8
	Oktober	9
	November	8
	Desember	7
	Januari	9
	Februari	9
	Maret	10
	April	9
	Mei	11
2023	Juni	10
	Juli	10
	Agustus	12
	September	11
	Oktober	12
	November	12
	Desember	13
	Januari	0
	Februari	11
	Maret	7
	April	11
	Mei	9
Juni	9	
Juli	11	
Agustus	13	
September	9	
Oktober	8	
November	9	
Desember	10	
<b>Total</b>		336
<b>Rata-Rata</b>		9

**Pengolahan dan Analisis Data**  
**Plot Data**

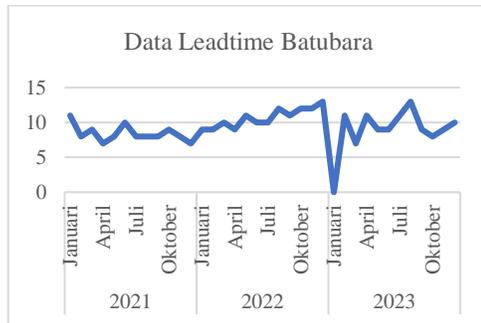
1. Data Pemakaian Batubara  
Berikut merupakan grafik pemakaian batubara periode 2021-2023.



**Gambar 2.** Plot Data Pemakaian Batubara 2021-2023

2. Data *Leadtime*

Berikut merupakan grafik leadtime batubara 2021-2023.



**Gambar 3.** Plot Data *Leadtime* Batubara

**Penentuan Metode Peramalan**

Data yang digunakan sebagai *input* dalam *forecasting demand* pada pemakaian bahan baku ini ialah data dalam satuan agregat, maka plot data yang dilihat bentuknya ialah plot dalam satuan agregat. Metode *forecasting* yang digunakan pada laporan ini ialah *Single Moving Average*, *Double Moving Average*, *Single Exponential Smoothing*, dan *Double Exponential Smoothing*.

a. *Single Moving Average* (T=2)

Berikut merupakan hasil perhitungan *Single Moving Average*.

**Tabel 3.** *Single Moving Average*

Periode	Ft
1	165,152.55
2	165,152.55
3	165,152.55
4	165,152.55
5	165,152.55
6	165,152.55
7	165,152.55
8	165,152.55
9	165,152.55
10	165,152.55
11	165,152.55
12	165,152.55

b. *Double Moving Average* (T=5)

Berikut merupakan hasil perhitungan *Double Moving Average*.

**Tabel 4.** *Double Moving Average*

Periode	Ft
1	142835.74
2	135712.78
3	128589.81
4	121466.85
5	114343.88
6	107220.92
7	100097.95
8	92974.99
9	85852.02
10	78729.06
11	71606.09
12	64483.13

c. *Single Exponential Smoothing*

Berikut merupakan hasil perhitungan *Single Exponential Smoothing*.

**Tabel 5.** *Single Exponential Smoothing*

Periode	Ft
1	168322.06
2	168322.06
3	168322.06
4	168322.06
5	168322.06
6	168322.06
7	168322.06
8	168322.06
9	168322.06
10	168322.06
11	168322.06
12	168322.06

d. *Double Exponential Smoothing*

Berikut merupakan hasil perhitungan *Double Exponential Smoothing*.

**Tabel 6.** *Double Exponential Smoothing*

Periode	Ft
1	168833.64
2	169427.69
3	170021.75
4	170615.80
5	171209.85
6	171803.90
7	172397.96
8	172992.01
9	173586.06
10	174180.11
11	174774.16
12	175368.22

Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan *error* untuk semua metode peramalan yang digunakan.

**Tabel 7.** Rekapitulasi Perhitungan *Error*

Metode Peramalan	2 SMA	5 DMA	SES	DES
MAPE	35,75%	46,59%	33,19%	44,23%

Berdasarkan tabel diatas, nilai *error* terkecil terdapat pada metode SES yaitu dengan nilai MAPE 33,19%. Oleh karena itu, metode SES dipilih sebagai metode terbaik.

#### Validasi Metode *Forecasting*

- Uji F

**Tabel 8.** Uji F

	Variable 1	Variable 2
Mean	169306.9311	164659.4525
Variance	4235408488	4688062217
Observations	36	36
df	35	35
F	0.903445452	
P(F<=f) one-tail	0.382791674	
F Critical one-tail	0.56910677	

Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa nilai *F*hitung > *F*tabel yaitu 0,903 > 0,569 sehingga dapat dikatakan data belum lolos uji *F* sehingga harus dilanjutkan ke uji *T*

- Uji T

**Tabel 9.** Uji T

	Variable 1	Variable 2
Mean	169306.9311	164659.4525
Variance	4235408488	4688062217
Observations	36	36
Pearson Correlation	0.646923608	
Hypothesize d Mean Difference	0	
df	35	
t Stat	0.496198894	
P(T<=t) one-tail	0.311428017	
t Critical one-tail	1.689572458	
P(T<=t) two-tail	0.622856035	
t Critical two-tail	2.030107928	

Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa nilai *-T*tabel < *T*hitung < *T*tabel yaitu -2,030 < 0,496 < 2,030 sehingga data lolos uji *T* dan hasil *forecasting* dapat dikatakan valid.

#### Hasil *Forecasting*

Berikut merupakan tabel hasil peramalan dengan metode *Single Exponential Smoothing*.

**Tabel 10.** Hasil *Forecasting*

Periode	Ft
1	168322.06
2	168322.06
3	168322.06
4	168322.06
5	168322.06
6	168322.06
7	168322.06
8	168322.06
9	168322.06
10	168322.06
11	168322.06
12	168322.06

#### Perhitungan *Safety Stock*

Berikut merupakan perhitungan jumlah *safety stock* bahan bakar batubara:

$$Safety\ Stock = Z \times Std\ Deviasi \times \sqrt{m}$$

- *Z* bernilai 1,28 untuk *service level* 90%
- *Z* bernilai 1,96 untuk *service level* 95%

Berikut merupakan rumus perhitungan standar deviasi *demand*:

$$Std = \sqrt{\frac{\sum(d_n - \bar{d})^2}{n - 1}}$$

Berikut merupakan tabel perhitungan standar deviasi *demand*:

**Tabel 11.** Perhitungan Standar Deviasi

Periode		Standar Deviasi
Tahun	Bulan	
2021	Januari	23,790,014,334.84
	Februari	127,611,840.45
	Maret	702,293,465.09
	April	6,003,838,274.23
	Mei	357,803,173.70
	Juni	4,180,618,697.33
	Juli	8,865,082,126.03
	Agustus	105,460,800.58
	September	2,437,271,493.58
	Oktober	3,737,394,312.04
	November	1,870,260,706.47
	Desember	4,420,472.96
2022	Januari	11,937,570.32
	Februari	2,445,925,799.27

Periode		Standar Deviasi	
Tahun	Bulan		
2023	Maret	2,299,972,921.24	
	April	3,597,852,070.48	
	Mei	278,791,809.86	
	Juni	4,204,763,000.29	
	Juli	3,200,008,193.59	
	Agustus	3,150,554,101.91	
	September	3,764,629,285.50	
	Oktober	685,127,950.79	
	November	11,937,570.32	
	Desember	18,028,822,576.02	
	Januari	28,664,836,912.86	
	Februari	21,136,825,000.08	
	Maret	45,841,039.03	
	April	729,822,053.12	
	Mei	1,949,811,674.76	
	Juni	1,127,553,802.15	
	Juli	526,706,718.98	
	Agustus	1,369,000.82	
	September	82,117,235.68	
	Oktober	48,592,137.45	
	November	63,304,811.50	
	Desember	124,140.01	
	<b>Total</b>		148,239,297,073
	<b>Rata-rata</b>		4,117,758,252.04

Sehingga didapatkan nilai standar deviasi pemakaian bahan bakar batubara (*demand*) sebagai berikut:

$$Std = \sqrt{\frac{148239297,07}{35}} = \sqrt{4.235.408.487,01}$$

$$Std = 65080,02$$

Dari perhitungan diatas, diperoleh nilai standar deviasi *demand* sebesar 65.080,02 ton perbulan atau 2.169,33 ton per hari. Sedangkan dari pengumpulan data didapatkan *Leadtime* pemesanan bahan bakar batubara sebesar 9 hari atau 0,3 bulan.

Maka didapatkan nilai *safety stock*:

- Pada *service level* 90%

$$Safety Stock = 1,28 \times 65080,02 \times \sqrt{0,3}$$

$$= 45626,62$$

Berdasarkan data pemakaian batubara, diperoleh rata-rata pemakaian perhari sebesar 5643,56 ton. Sehingga :

$$45626,62 \text{ ton} \rightarrow 8,08 \text{ HOP} \approx \mathbf{9 \text{ HOP}}$$

- Pada *service level* 95%

$$Safety Stock = 1,96 \times 65080,02 \times \sqrt{0,3}$$

$$= 69865,76$$

Berdasarkan data pemakaian batubara, diperoleh rata-rata pemakaian perhari sebesar 5643,56 ton. Sehingga :

$$69865,76 \text{ ton} \rightarrow 12,38 \text{ HOP} \approx \mathbf{13 \text{ HOP}}$$

### Perhitungan *Reorder Point*

Rumus perhitungan *reorder point* ini adalah

$$ROP = dLT + SS$$

Dimana :

$$ROP = \text{Reorder Point}$$

$$D = \text{Rata-rata Demand}$$

$$LT = \text{Lead Time}$$

$$SS = \text{Safety Stock}$$

Perhitungan *Reorder Point* untuk sistem persediaan bahan bakar batubara pada PLTU Adipala adalah sebagai berikut:

Diketahui :

$$Lead Time = 0,3$$

$$Rata-rata Demand = 169.306,93$$

$$Safety Stock (Service Level 90\%) = 45.626,62$$

$$Safety Stock Service Level 95\%) = 69.865,76$$

Maka :

- Pada *service level* 90%

$$ROP = (169306,93 \times 0,3) + 45626,62$$

$$= 96.418,69 \text{ ton}$$

$$96.418,69 \text{ ton} \rightarrow 17,08 \text{ HOP} \approx \mathbf{18 \text{ HOP}}$$

- Pada *service level* 95%

$$ROP = (169306,93 \times 0,3) + 69865,76$$

$$= 120.657,84 \text{ ton}$$

$$120.657,84 \text{ ton} \rightarrow 21,38 \text{ HOP} \approx \mathbf{22 \text{ HOP}}$$

### Perhitungan *Min-Max Stock*

- Menentukan Minimum Persediaan *Minimum stock* adalah batas jumlah persediaan yang paling rendah atau kecil yang harus ada untuk suatu jenis bahan atau barang. Berikut ini merupakan perhitungan batas minimum persediaan bahan bakar batubara:

- Pada *service level* 90%

$$Min = (\text{Rata - rata demand} \times \text{Leadtime})$$

$$+ \text{Safety Stock}$$

$$= (169306,93 \times 0,3) + 45626,62$$

$$= 96418,69 \text{ ton}$$

$$96.418,69 \text{ ton} \rightarrow 17,08 \text{ HOP} \approx \mathbf{18 \text{ HOP}}$$

- Pada *service level* 95%

$$Min = (\text{Rata - rata demand} \times \text{Leadtime})$$

$$+ \text{Safety Stock}$$

$$\begin{aligned}
&= (169306,93 \times 0,3) + 69865,76 \\
&= 120.657,84 \text{ ton} \\
120.657,84 \text{ ton} &\rightarrow 21,38 \text{ HOP} \approx \mathbf{22 \text{ HOP}}
\end{aligned}$$

- Menentukan Maksimum Persediaan  
*Maximum stock* adalah jumlah maksimum yang diperbolehkan disimpan dalam persediaan. Berikut ini merupakan perhitungan batas minimum persediaan bahan bakar batubara:

- Pada *service level* 90%  

$$\begin{aligned}
Max &= 2 \times (\text{Rata} - \text{rata demand} \times \text{Leadtime}) \\
&\quad + \text{Safety Stock} \\
&= 2 \times (169306,93 \times 0,3) + 45626,62 \\
&= 147.210,78 \text{ ton} \\
147.210,78 \text{ ton} &\rightarrow 26,08 \text{ HOP} \approx \mathbf{27 \text{ HOP}}
\end{aligned}$$
- Pada *service level* 95%  

$$\begin{aligned}
Max &= 2 \times (\text{Rata} - \text{rata demand} \times \text{Leadtime}) \\
&\quad + \text{Safety Stock} \\
&= 2 \times (169306,93 \times 0,3) + 69865,76 \\
&= 171.449,92 \text{ ton} \\
171.449,92 \text{ ton} &\rightarrow 30,38 \text{ HOP} \approx \mathbf{31 \text{ HOP}}
\end{aligned}$$

- Menentukan Tingkat Pengisian Kembali  
Tingkat pengisian persediaan kembali merupakan selisih antara *Maksimum Stock* dengan *Minimum stock*.

- Pada *service level* 90%  

$$\begin{aligned}
Q &= (\text{Maksimum Stok} - \text{Minimum Stok}) \\
&= 147.210,78 - 96.418,69 \\
&= 50.792,09 \text{ ton}
\end{aligned}$$
- Pada *service level* 95%  

$$\begin{aligned}
Q &= (\text{Maksimum Stok} - \text{Minimum Stok}) \\
&= 171.449,92 - 120.657,84 \\
&= 50.792,08 \text{ ton}
\end{aligned}$$

## 5. Analisis dan Pembahasan

### Analisis Metode Peramalan

Berikut merupakan analisis hasil dari metode peramalan yang digunakan.

1. Metode *Single Moving Average*  
Metode *Single Moving Average* digunakan untuk menghitung sejumlah data aktual permintaan yang baru untuk membangkitkan nilai ramalan untuk permintaan dimasa yang akan datang. Metode ini mempunyai dua sifat khusus yaitu untuk membuat forecaste memerlukan data historis dalam jangka waktu tertentu, semakin panjang *moving average* akan menghasilkan *moving average* yang semakin halus. Dari hasil perhitungan *Single Moving Average* didapatkan nilai error MAPE sebesar 35,75%
2. Metode *Double Moving Average*  
Metode *Double Moving Average* digunakan untuk menghitung rata-rata dari sejumlah

variasi data yang diharapkan dapat menghasilkan data trend yang baik untuk 12 periode ke depan. Perhitungan DMA dilakukan dengan manual menggunakan DMA 5 periode. Dari hasil perhitungan MAPE yang didapatkan yaitu sebesar 46,59%

3. Metode *Single Exponential Smoothing*  
Metode *Single Exponential Smoothing* digunakan untuk meramalkan masa yang akan datang dengan melakukan proses pemulusan (*smoothing*) dengan menghasilkan data ramalan yang lebih kecil nilai kesalahannya. Metode SES digunakan pada peramalan jangka pendek yang biasanya hanya 1 bulan ke depan yang mengasumsikan bahwa data berfluktuasi di sekitar nilai *mean* yang tetep tanpa *trend* atau pola pertumbuhan konsisten. Dari hasil perhitungan metode *Single Exponential Smoothing*, nilai MAPE yang dihasilkan sebesar 33,19%
4. Metode *Double Exponential Smoothing*  
Metode *Double Exponential Smoothing* menggunakan parameter alfa sebagai pemulus data. Nilai alfa didapatkan dari hasil pengecekan data dengan menggunakan *software Eviews* dengan besar  $\alpha = 0,21$ . Nilai alfa ini menunjukkan seberapa besar sensitivitas hasil peramalan. Dari hasil perhitungan *Double Exponential Smoothing*, nilai MAPE yang dihasilkan sebesar 44,23%

### Analisis Metode Terpilih

Dari perhitungan yang sudah didapat, metode yang memiliki nilai error terkecil adalah metode *Single Exponential Smoothing*. Nilai *error* yang dipakai adalah MAPE. Hal tersebut karena MAPE memiliki perhitungan error dengan ketelitian yang baik. Didapatkan nilai MAPE terkecil pada metode SES dengan nilai sebesar 33,19%.

### Analisis Safety Stock

*Safety stock* dapat membantu perusahaan untuk tetap dapat memenuhi permintaan pelanggan, bahkan dalam keadaan yang tidak terduga. Hal ini dapat meningkatkan kepuasan pelanggan dan mencegah perusahaan dari kerugian. Beberapa hal yang mempengaruhi jumlah *safety stock* bervariasi sesuai pada *service level* yang berbeda. *Service level* yang digunakan yaitu 90% dan 95%. Hal tersebut dilakukan agar PLTU Adipala lebih fleksibel dalam menentukan *service level* yang diinginkan oleh perusahaan. Dari hasil perhitungan yang dilakukan, didapatkan nilai *safety stock* dengan SL 90% sebesar 45626,62 ton atau setara dengan 8 HOP dan

nilai *safety stock* dengan SL 95% sebesar 69865,76 ton atau setara dengan 13 HOP.

#### **Analisis Reorder Point**

*Reorder point* dilakukan untuk menentukan titik dimana suatu bahan baku harus ditambah persediannya sebelum kehabisan stok. Dengan kata lain melakukan *restock* sebelum bahan baku tersebut *stockout*. *Leadtime* dari bahan bakar batubara adalah 0,3 bulan. Pemesanan bahan bakar batubara dapat kembali dilakukan ketika kuantitas persediaan telah mencapai 96418,69 ton pada *service level* 90% dan 120657,84 pada *service level* 95%.

#### **Analisis Min-Max Stock**

*Minimum stock* merupakan batas jumlah persediaan yang paling rendah atau kecil yang harus ada untuk bahan bakar batubara. Metode ini dilakukan untuk mengendalikan jumlah minimum persediaan dengan mengatur *plan order* sehingga meminimalisir terjadinya *stockout* atau *overstock*. Didapatkan nilai *minimum stock* pada *service level* 90% sebesar 96418,69 ton dan pada *service level* 95% sebesar 120657,84 ton. Maksimum *stock* adalah jumlah maksimum bahan bakar batubara yang diperbolehkan disimpan dalam persediaan. Didapatkan nilai maksimum stok pada *service level* 90% sebesar 147210,78ton dan pada *service level* 95% sebesar 171449,92.

## **6. Kesimpulan dan Saran**

### **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pembahasan dan kesimpulan sebelumnya, maka kesimpulan dari penelitian adalah

1. Usulan metode peramalan yang tepat untuk digunakan oleh PT PLN Indonesia Power UBP Jawa Tengah 2 Adipala adalah *Time Series*. Metode ini mampu untuk mengestimasi, meramal, dan memperkirakan nilai data pada periode berikutnya berdasarkan data sebelumnya. Sehingga, dapat diterapkan di PT PLN Indonesia Power UBP Jawa Tengah 2 Adipala yang memiliki data historis dalam penggunaan bahan bakar. Metode *time series* yang tepat digunakan adalah metode *Single Exponential Smoothing* karena memiliki hasil *error MAPE* terkecil yaitu sebesar 33,19%
2. Dari hasil perhitungan, nilai *safety stock* yang diusulkan oleh untuk perusahaan adalah sebesar 45626,62 ton atau setara dengan 9 HOP pada *service level* 90% dan sebesar 69865,76 ton atau setara dengan 13 HOP pada *service level* 95%. Jumlah bahan bakar yang telah di lakukan *forecast* dapat dijadikan pertimbangan dalam memesan bahan bakar untuk periode berikutnya dengan memperhatikan *lead time*.

3. Titik pemesanan ulang menandakan harus diadakan kembali pemesanan untuk mencegah terjadinya *stock out*. Berdasarkan *lead time* dan *safety stock*, waktu pemesanan kembali bahan bakar dilakukan apabila jumlah persediaan di *inventory* telah mencapai 96418,69 ton atau setara dengan 18 HOP pada *service level* 90% dan 120657,84 ton atau setara dengan 22 HOP pada *service level* 95%.
4. Nilai minimum *stock* persediaan suatu bahan baku menjadi batas untuk dilakukannya pemesanan kembali bahan baku tersebut dan nilai maximum *stock* menjadi batas kapasitas penyimpanan gudang maksimal bahan baku tersebut. Didapatkan nilai minimum *stock* pada *service level* 90% sebesar 96418,69 ton atau setara dengan 18 HOP dan pada *service level* 95% sebesar 120657,84 ton atau setara dengan 22 HOP. Didapatkan pula nilai maksimum *stock* pada *service level* 90% sebesar 147210,78 ton atau setara dengan 27 HOP dan pada *service level* 95% sebesar 171449,92 ton atau setara dengan 31 HOP.

### **Saran**

Berdasarkan hasil pembahasan dan kesimpulan sebelumnya, maka saran yang dapat dijadikan pertimbangan oleh PT PLN Indonesia Power UBP Jawa Tengah 2 Adipala adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan metode peramalan sebagai tolak ukur penggunaan bahan bakar batubara dimasa depan dengan menjadikan nilai error sebagai parameter pemilihan metode agar hasil peramalan dapat dengan dekat memprediksi jumlah permintaan di masa yang akan datang.
2. Perusahaan disarankan untuk meng-*update* kembali data Min-Max yang ada agar pengendalian persediaan lebih baik lagi.

Penentuan persediaan bahan bakar harus dikendalikan secara penuh agar *stock* tetap berada di atas level minimum aman ataupun agar tidak *overstock* pada *coal* batubara.

### **Daftar Pustaka**

- Ajeng. (2011). Peramalan permintaan barang dagangan dengan metode simple average. *Jurnal Manajemen dan Pemasaran Bisnis*, 1-6.
- Fahreza, A. (2022). Penerapan Data Mining dengan Metode Single Moving Average dalam Pengolahan Data Penerimaan Siswa Baru. *Vol. 2, No. 1*, 25-34.
- Firdaus, R. (2006). Peramalan permintaan dengan metode simple average. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, 103-112.

- Gaspersz. (2004). Production planning and inventory control. *PT Gramedia Pustaka Umum, Jakarta.*
- Haizer, J., & Render, B. (2005). *Operations Management*. Jakarta: Salemba Empat.
- Makridakis. (1999). *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Jakarta: Erlangga.
- Makridakis, S., Wheelwright, S., & McGee, V. (1992). *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Jakarta: Erlangga.
- Silvia. (2013). *Pengendalian Persediaan Bahan Baku Menggunakan Metode Min Max Stock Pada PT. Semen Tanosa di Pangkep*. Makassar: Universitas Ekonomi dan Bisnis Universitas Hasanuddin.
- Supranto. (1984). *Metode Ramalan Kuantitatif Untuk Perencanaan*. Jakarta: Gramedia.