

## METODE EXPONENTIAL SMOOTHING DAN ARIMA UNTUK MERAMALKAN KEBUTUHAN AIR PELANGGAN PT PKN

*Muhammad Muallief<sup>1</sup>, Efta Dhartikasari<sup>2</sup>, & Moh Jufriyanto<sup>3</sup>*

*Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik, Indonesia*

*leomualief27@gmail.com, Eftadhartikasari@umg.ac.id, Jufriyanto@umg.ac.id*

### **Abstrak: Metode Exponential Smoothing dan Arima untuk Meramalkan Kebutuhan Air Pelanggan PT PKN**

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan metode peramalan terbaik dalam memprediksi kebutuhan air pelanggan PT PKN dengan membandingkan metode double exponential smoothing dan metode ARIMA. Data yang digunakan permintaan air PT Petro karya Niaga dengan periode Juni 2020 hingga September 2023. Berdasarkan penelitian ini. Hasil prediksi permintaan Penjualan PT PKN menggunakan metode Double Exponential Smoothing dari periode Oktober 2023 - Maret 2024 berturut – turut pada bulan Oktober 2023 sebesar 833.596, November 2023 sebesar 825.279, Desember 2023 sebesar 816.961, Januari 2024 sebesar 808.643, Februari 2024 sebesar 800.326, Maret 2024 sebesar 792.008. Nilai error yang diperoleh yaitu MSE 44405.82. Berdasarkan hasil identifikasi model ARIMA hanya terdapat 1 model saja yang layak untuk dijadikan model persamaan peramalan yaitu ARIMA (0,2,1), Model ARIMA (0,2,1) mempunyai nilai MSE sebesar 50168. maka dapat disimpulkan bahwa model yang paling baik digunakan adalah model ARIMA (0,2,1) untuk model peramalan permintaan air PT Petro Karya Niaga. Hasil prediksi yang diperoleh dari bulan 2023 - Maret 2024 berturut – turut secara berurutan adalah 810.57; 796.78, 783.65, 771.17, 759.33 dan 748.15. Metode double exponential smoothing lebih unggul dibandingkan metode ARIMA dalam memprediksi kebutuhan air di PT PKN karena menghasilkan nilai MSE yang lebih kecil dan waktu komputasi yang lebih cepat dibandingkan ARIMA.

Kata kunci: *ARIMA, Double Exponential Smoothing, MSE*

### **Abstract: Exponential Smoothing and Arima Methods for Forecasting PT PKN Customers' Water Needs**

This research aims to obtain the best forecasting method in predicting the water needs of PT PKN customers by comparing the double exponential smoothing method and the ARIMA method. The data used is PT Petro Karya Niaga's water demand for the period June 2020 to September 2023. Based on this research. PT PKN Sales demand prediction results using the Double Exponential Smoothing method from the period October 2023 - March 2024 respectively in October 2023 amounted to 833,596, November 2023 amounted to 825,279, December 2023 amounted to 816,961, January 2024 amounted to 808,643, February 2024 amounted to 800,326, March 2024 amounting to 792,008. The error value obtained is MSE 44405.82. Based on the results of identifying the ARIMA model, there is only 1 model that is suitable to be used as a forecasting equation model, namely ARIMA (0,2,1). The ARIMA (0,2,1) model has an MSE value of 50168. So it can be concluded that the model is the best used is the ARIMA model (0,2,1) for PT Petro Karya Niaga's water demand forecasting model. The prediction results obtained from 2023 - March 2024 respectively are 810.57; 796.78, 783.65, 771.17, 759.33 and 748.15. The double exponential smoothing method is superior to the ARIMA method in predicting water needs at PT PKN because it produces a smaller MSE value and faster computing time than ARIMA.

Keywords: *ARIMA, Double Exponential Smoothing, MSE*

---

*History & License of Article Publication:**Received: 16/10/2023    Revision: 16/12/2023    Published: 28/12/2023*

---

DOI: <https://doi.org/10.37971/radial.vXXiXX.XXX>

---

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

---

## PENDAHULUAN

Salah satu negara maritim terbesar di dunia adalah Indonesia, dan wilayah terbesar Indonesia adalah laut (Safitri, 2021). Menjunjung tinggi kedaulatan maritim negara kesatuan NKRI, merevitalisasi sektor perekonomian kelautan, memulihkan dampak kerusakan lingkungan hidup, melindungi biota laut, memperkuat dan mengembangkan konektivitas transportasi dan meningkatkan jumlah dan kuantitas biota laut, serta peningkatan kuantitas dan kualitas Sumber Daya Manusia kelautan, adalah rencana utama untuk menjadikan proros maritim dunia Negara Indonesia terwujud (Prayogo, 2020).

Seiring berkembangnya perekonomian global, untuk mendukung pergerakan barang, jasa, dan manusia diperlukan segala sarana transportasi yang aman, ramah lingkungan dan hemat biaya. Salah satu jenis transportasi laut yang berperan dalam perdagangan dunia adalah kapal. Bisnis ekonomi menggunakan kapal untuk melakukan kegiatan ekonomi. Transportasi laut dapat mengangkut penumpang dan barang dalam jumlah yang sangat besar. Sebab, angkutan laut lebih murah dibandingkan alat transportasi lainnya (Prayogo, 2020).

Air merupakan salah satu kebutuhan utama dalam menunjang kehidupan manusia (Triyanto, 2019). Air bersih juga merupakan salah satu kebutuhan pokok di kapal. Di atas kapal, air tawar digunakan untuk memenuhi kebutuhan ruang mesin dan menampung awak kapal (Mustain dkk., 2019). Kapal mempunyai berbagai sistem yang tidak terlepas dari sistem air tawar, seperti sistem air minum. Sistem ini mengkoordinasikan seluruh pasokan air bersih yang dibutuhkan untuk air minum (fresh water) di atas kapal. Namun kapal tetap memerlukan pasokan air bersih atau air tawar karena sistem kapal tidak sepenuhnya memenuhi kebutuhan air bersih kapal (Faturrahman, 2021).

PT. Petro Karya Niaga merupakan supplier Air bersih kapal yang sandar di Pelabuhan Petrokimia Gresik baik Kapal dari domestik maupun Kapal Asing. PT. Petro Karya Niaga selalu berupaya untuk memenuhi kebutuhan Air bersih setiap kapal yang sandar di Pelabuhan Petrokimia Gresik. Akan tetapi permintaan air bersih yang fluktuatif dan juga singkatnya waktu sandar kapal, membuat PT Petro Karya Niaga kuwalahan dalam memenuhi permintaan air bersih.



Gambar 1 Plot data penjualan air PT PKN

PT Petro Karya Niaga harus berupaya memenuhi kebutuhan konsumen akan air bersih. Upaya pemenuhan kebutuhan air juga mencakup perencanaan kerja yang tepat. Oleh karena itu untuk dapat menyediakan air bersih yang cukup kepada pelanggan PT PKN, PT PKN harus mengantisipasi kebutuhan air bersih mereka. Memprediksi berapa banyak air yang akan dibutuhkan di masa depan membantu PT PKN mempertimbangkan apa yang perlu mereka lakukan untuk memenuhi kebutuhan air pelanggan mereka. (Zuhroh, 2023).

Peramalan merupakan kegiatan meramalkan fenomena-fenomena pada masa yang akan datang. Hal ini memberikan gambaran umum tentang langkah-langkah yang memprediksi kejadian di masa depan dan berkontribusi terhadap perencanaan yang efektif dan efisien (Arnorce dkk., 2023). Ada dua pendekatan dalam peramalan: peramalan kualitatif dan peramalan/survei kuantitatif. Untuk prakiraan yang tidak tersedia data dari era sebelumnya, digunakan pendekatan tinjauan kualitatif. Namun, pendekatan peramalan kuantitatif digunakan untuk meramalkan jika data historis tersedia.

Metode ARIMA dan Double Exponential Smoothing adalah metode peramalan dengan model time series. Meskipun metode ARIMA mengharuskan data awalnya stasioner, metode ini mempunyai keuntungan karena bisa di aplikasikan pada semua bentuk pola data, termasuk juga data tren. Metode ARIMA dikembangkan karena metode prediksi sebelumnya selalu terbatas pada jenis pola data tertentu. Metode Double Exponential Smoothing adalah salah satu metode yang dikhususkan untuk pola data tertentu, Metode ini mengasumsikan bahwa terdapat pola tren pada data yang ada dan data tersebut tidak perlu stasioner. Sehingga peneliti memilih metode ARIMA dan metode Double Exponential Smoothing, karena kedua metode ini dapat digunakan untuk memprediksi data dengan pola tren walaupun memerlukan proses yang berbeda. Disamping itu, metode ini lebih akurat jika digunakan untuk peramalan jangka pendek karena cenderung mendatar dalam peramalan jangka panjang (Saragih & Sembiring, 2022).

Penelitian penerapan metode ARIMA dilakukan oleh Hartati. Dapat disimpulkan metode ARIMA dapat mengatasi ketidakstabilan inflasi karena menghasilkan prakiraan yang mengikuti pergerakan data inflasi asli serta dapat memprediksi fluktuasi data yang diprakirakan dengan cepat, mudah, dan akurat. Selanjutnya Syahdan dan Aisyah melakukan kajian penerapan metode double exponential smoothing dalam memprediksi indeks harga konsumen kota Tarakan.. Penelitian menemukan adanya pola data yang trending pada IHK Kota Tarakan.

Karena adanya pola tren pada data, maka prediksi ini dibuat dengan menggunakan metode pemulusan eksponensial ganda Brown untuk memprediksi selisih antara data asli dan data prediksi. Selanjutnya Izza dan Riza membandingkan metode ARIMA dan metode

double exponential smoothing Brown untuk memprediksi jumlah pengunjung perpustakaan daerah di Jawa Tengah. Pola data pada penelitian ini menunjukkan tren yang meningkat, dan hasil prediksi menunjukkan bahwa metode ARIMA lebih akurat dibandingkan metode double exponential smoothing Brown dalam studi kasus prediksi jumlah pengunjung perpustakaan daerah di Jawa Tengah.

Pembahasan di atas merupakan kajian mendalam dan mengaplikasikan metode ARIMA dan metode Double Exponential Smoothing untuk membandingkan keakuratan dan penggunaan kedua metode tersebut dalam memprediksi kebutuhan air PT Petro Karya Niaga

## **METODE PENELITIAN**

### **Metode Double Exponential Smoothing**

Metode double exponential smoothing dari Brown dipopulerkan untuk penerapan dalam proses mengatasi sebuah perbedaan hasil yang muncul di diantara data aktual dan peramalan ketika terjadi kecenderungan naik atau turun dalam jangka panjang (Anggraeni dkk., 2023). Terdapat beberapa persamaan yang digunakan pada metode DES yaitu seperti di bawah ini.

a. Penentuan nilai Smoothing yang pertama ( $S' t$ )

$$S' t = a X_t + (1-a) S' t - 1$$

b. Penentuan nilai Smoothing yang kedua ( $S'' t$ )

$$S'' t = a S_t + (1-a) S'' t - 1$$

c. Penentuan besar konstanta ( $\alpha t$ )

$$a t = 2S' t - S'' t$$

d. Penentuan besarnya slope ( $b t$ )

$$b t = \alpha (1 - \alpha) (S' t - S'' t)$$

e. Penentuan nilai besar peramalan ( $F_t + m$ )

$$F_t + m = a t + b t m$$

### **Metode Arima (Autoregresif Integrated Moving Average)**

Model ARIMA adalah model yang mengabaikan sepenuhnya variabel independen saat melakukan prediksi. ARIMA menggunakan nilai variabel dependen di masa lalu dan saat ini untuk membuat prediksi jangka pendek yang akurat. (Anggraeni dkk., 2023). ARIMA digunakan untuk deret waktu variabel (univariat). Berbagai aplikasi seperti EViews, Minitab, dan SPSS dapat digunakan untuk memudahkan penghitungan model ARIMA

### **Klasifikasi model ARIMA**

Model ARIMA dibagi menjadi tiga komponen: model autoregressive (AR), model moving average (MA), dan model terintegrasi (I). Ketiga elemen ini dapat dimodifikasi untuk membentuk model baru. Misalnya saja model autoregressive moving average (ARMA) (Sri Rahayu dkk., 2019). Jika ingin membuatnya dalam format umum gunakan ARIMA(p,d,q). p mewakili tatanan AR, d mewakili tatanan konsolidasi, dan q mewakili tatanan rata-rata bergerak. Ketika suatu model menjadi AR, model tipikal menjadi ARIMA (1,0,0). Detailnya dijelaskan di bawah untuk setiap elemen.

### **Autoregresif**

Bentuk umum model autoregresif dengan ordo p (AR(p)) atau ARIMA(P,0,0) dinyatakan sebagai berikut:

$$X_t = \mu' + \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + e_t$$

Maksud dari autoregresif yaitu nilai X dipengaruhi oleh nilai x periode sebelumnya hingga periode ke-p. jadi yang berpengaruh disini adalah variabel itu sendiri.

### Moving Average

Bentuk umum dari model moving average dengan ordo q (MA(q)) atau model ARIMA(0,0,q) dinyatakan sebagai berikut:

$$X_t = \mu' + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_q e_{t-q}$$

### Integrated

Bentuk umum dari model terintegrasi adalah model orde d (I(d)) atau ARIMA(0,d,0). Informasi yang menunjukkan perbedaan dengan data dikonsolidasikan di sini. Artinya stasioneritas data harus menjadi syarat wajib yang harus dipenuhi ketika membangun model ARIMA. Jika data stasioner pada level maka ordonya adalah 0, namun jika data stasioner pada selisih pertama maka ordonya adalah 1 (Majiid & Handdayani, 2023). Model ARIMA terbagi menjadi dua bentuk yaitu model ARIMA non musiman dan model ARIMA musiman (Handayani, 2023). Model ARIMA nonmusiman adalah model ARIMA yang tidak dipengaruhi oleh faktor musiman.:

$$(1 - B)(1 - \phi_1)X_t = \mu' + (1 - \theta_1 B)e_t$$

Bentuk umumnya dapat dinyatakan dengan persamaan berikut: Seasonal ARIMA, sedangkan ARIMA musiman merupakan model ARIMA yang dipengaruhi oleh faktor musiman. Model ini biasa disebut dengan Seasonal ARIMA (SARIMA). Format umumnya adalah

$$(1 - B)(1 - B^{12})X_t = (1 - \theta_1 B)(1 - \theta_1 B^{12})e_t$$

### Menghitung Kesalahan Kesalahan Peramalan

#### MSE (Mean Square Error)

Mean Square Error ( MSE ) dirumuskan sebagai berikut :

$$MSE = \sum \frac{(A_t - F_t)^2}{n}$$

keterangan :

$A_t$  = Permintaan aktual pada periode t

$F_t$  = Peramalan permintaan pada periode t

n = Jumlah periode peramalan yang terlibat

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Identifikasi Model

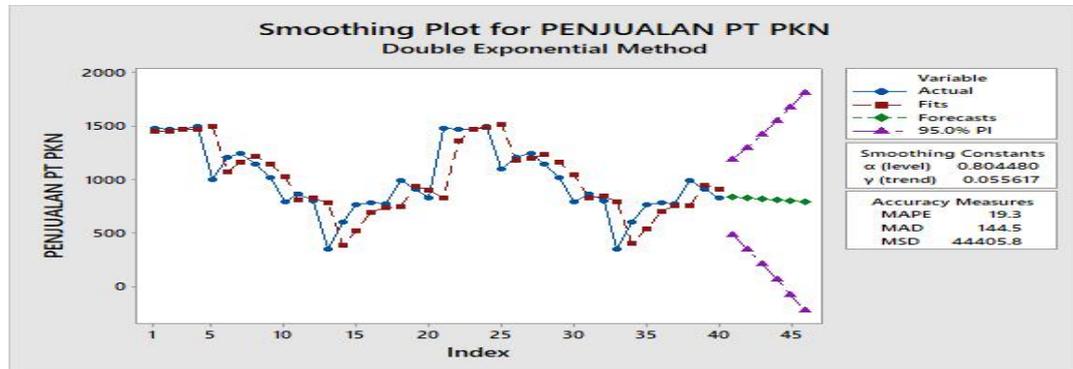


Gambar 1 Plot data penjualan air PT PKN

Jika diamati dari hasil plot diatas dapat dilihat bahwa penjualan perusahaan memiliki kenaikan dan penurunan seiring perjalanan waktu.

### Double Eksponential Smoothing

Model time series dengan metode double exponential smoothing plot data penjualan PT PKN. Terlihat pada Gambar 1 data berpola trend, maka selanjutnya dilakukan analisis pola trend. Didapatkan nilai  $\alpha = 0.804480$  dan  $\gamma = 0.055617$  yang diperoleh dari Optimal Arima. Hasil plot metode double exponential smoothing pada Minitab dengan Optimal Arima



Gambar 2 Plot Double Exponential Smoothing

Forecasts			
Period	Forecast	Lower	Upper
41	833.596	479.457	1187.74
42	825.279	348.817	1301.74
43	816.961	209.108	1424.81
44	808.643	65.123	1552.16
45	800.326	-81.166	1681.82
46	792.008	-228.825	1812.84

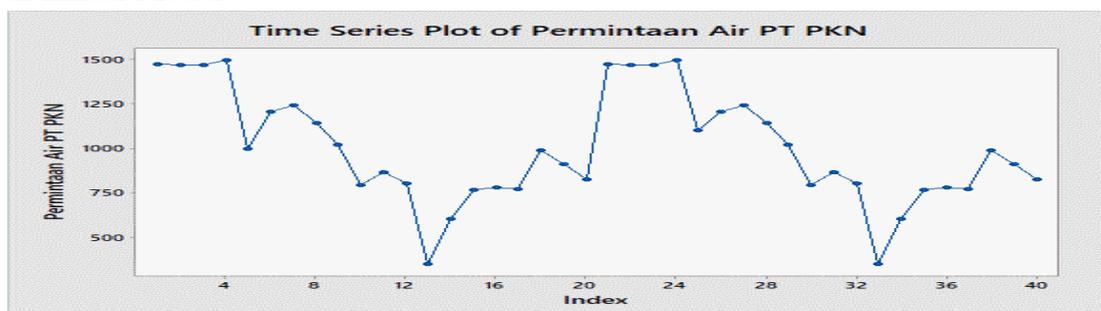
**Double Exponential Smoothing Plot for PENJUALAN PT PKN**

Gambar 3 Output Peramalan

Gambar 2 dan 3 dapat diperoleh hasil peramalan nilai Penjualan PT PKN periode Oktober 2023 - Maret 2024 berturut-turut pada bulan Oktober 2023 sebesar 833.596, November 2023 sebesar 825.279, Desember 2023 sebesar 816.961, Januari 2024 sebesar 808.643, Februari 2024 sebesar 800.326, Maret 2024 sebesar 792.008. Nilai error yang diperoleh yaitu MSE 44405.82.

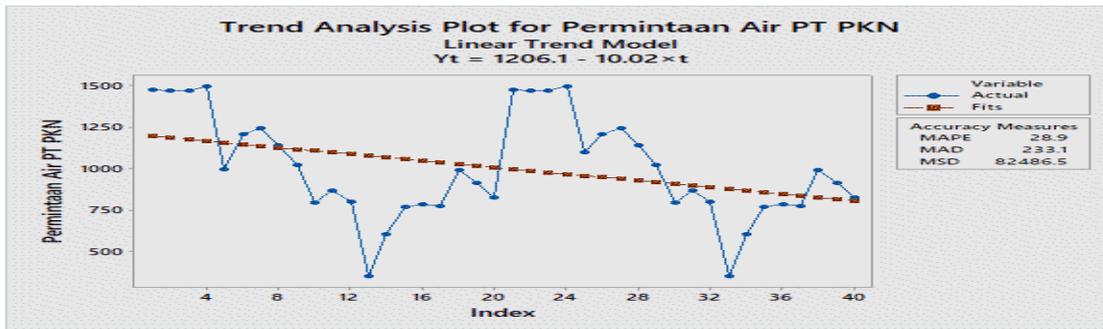
## PERAMALAN DENGAN METODE ARIMA

### Identifikasi Model



Gambar 4 Plot data penjualan air PT PKN

Melihat hasil grafik di atas, terlihat bahwa pendapatan perusahaan meningkat dan menurun seiring berjalannya waktu.

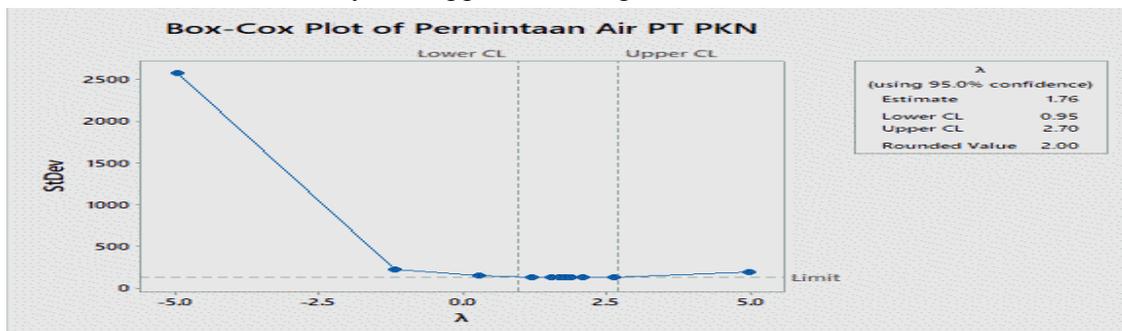


Gambar 5 Plot trend analisis penjualan air PT PKN

Titik di tengah grafik merupakan garis tren yang mewakili nilai rata-rata. Terlihat dari grafik di atas, garis bergerak ke bawah sehingga rata-rata tidak stasioner. Artinya nilai rata-rata atau tren datanya semakin menurun. Jika garis tren atau rata-ratanya horizontal, data dianggap stasioner terhadap rata-ratanya. Artinya nilainya tetap konstan sepanjang waktu.

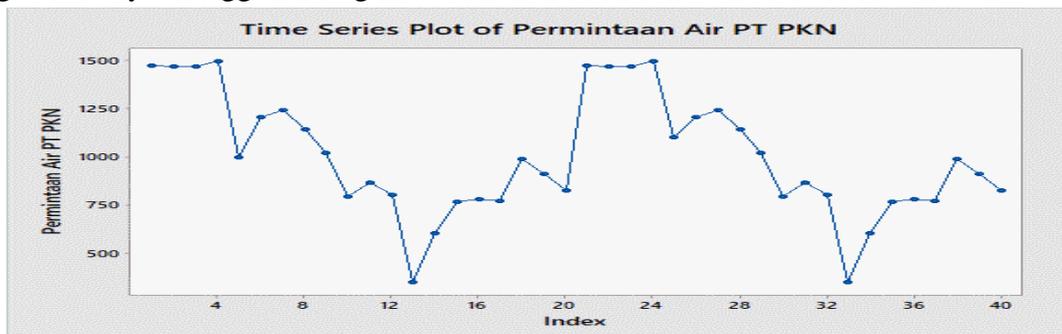
### Uji Stasioner Data

Setelah kita mengetahui bahwa data tersebut tidak stasioner, pertama-tama kita harus membuatnya stasioner terhadap varians dan mean. Dalam hal ini, pertama-tama kita periksa stasioneritas variansnya menggunakan diagram Box-Cox.

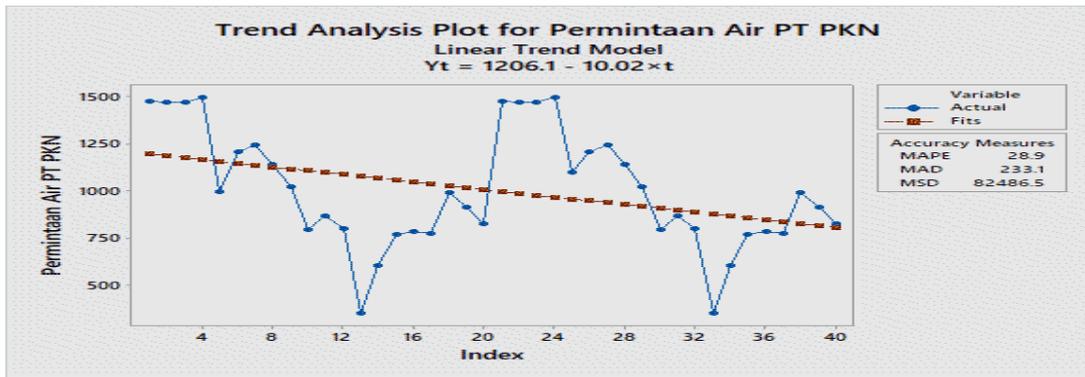


Gambar 6 Output Box-Cox Transformation data asli Penjualan Air PT PKN

Dari hasil keluarannya, kita dapat menyimpulkan bahwa data yang ditransformasikan adalah stasioner terhadap variansnya, karena nilai yang dibulatkan minimal 1. Data tersebut kemudian diperiksa kembali untuk menentukan apakah data yang ditransformasikan stasioner terhadap varians rata-rata. Hal ini dapat diperiksa bersama dengan hasilnya menggunakan grafik tren dan deret waktu.

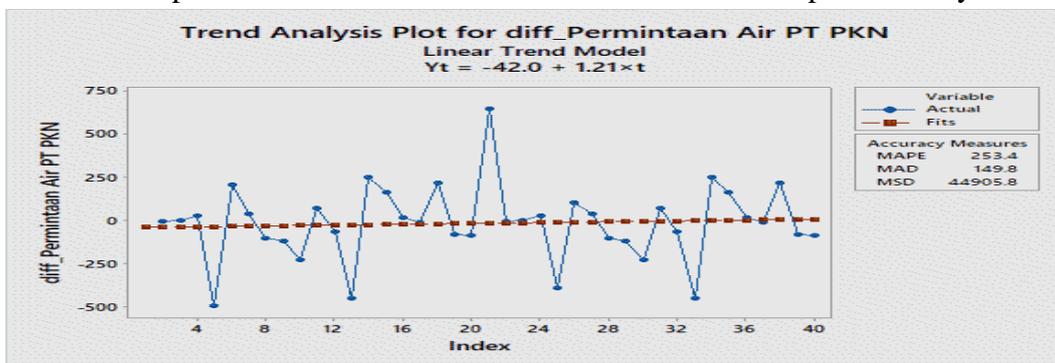


Gambar 7 Plot *time series* data permintaan air PT PKN



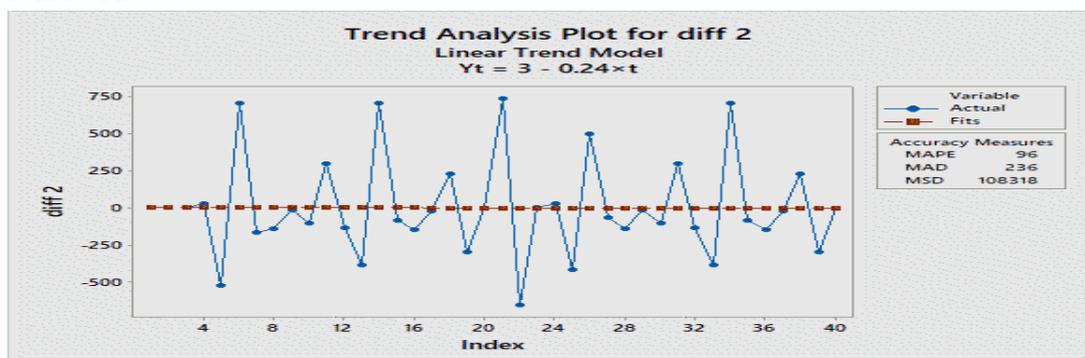
Gambar 8 Plot Trend data data permintaan air PT PKN

Dari grafik data di atas terlihat bahwa data tersebut belum stasioner terhadap rata-ratanya karena garis tren pada grafik tersebut mengarah ke atas artinya rata-ratanya tidak tetap. Solusinya adalah diferensiasi. Diferensiasi dilakukan dengan menghitung selisih dari nilai data sebelumnya, sehingga perhitungannya berdasarkan data kedua, data pertama dibiarkan kosong. Dalam hal ini, perbedaannya ditandai dengan tanda bintang. Setelah Anda mendapatkan hasil diferensiasi, buatlah grafik tren beserta hasil keluarannya dan periksa kembali apakah hasil diferensiasi tersebut stasioner terhadap rata-ratanya.



Gambar 9 Plot trend data hasil diferensiasi ke 1 data penjualan air PT PKN

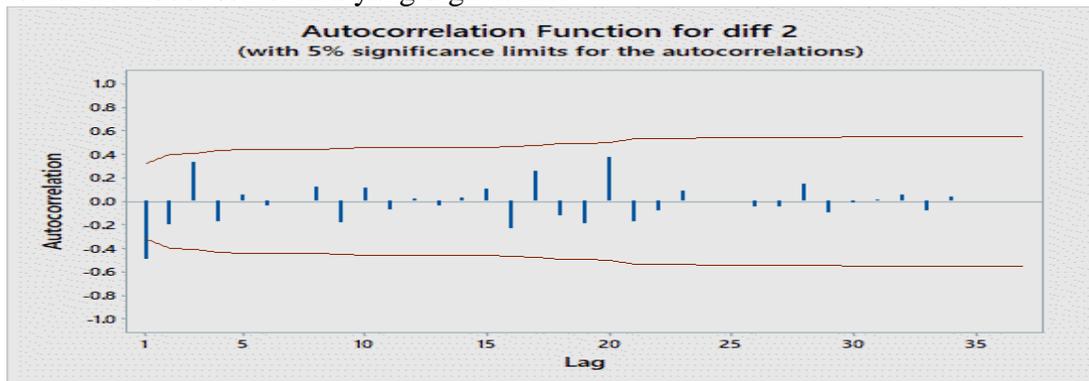
Dari grafik data di atas terlihat bahwa data transformasi yang telah diproses masih belum stasioner terhadap rata-ratanya, karena garis tren pada grafik tersebut sedikit meningkat. Artinya rata-ratanya tidak konstan. Solusinya adalah dengan memperoleh diferensiasi kedua.



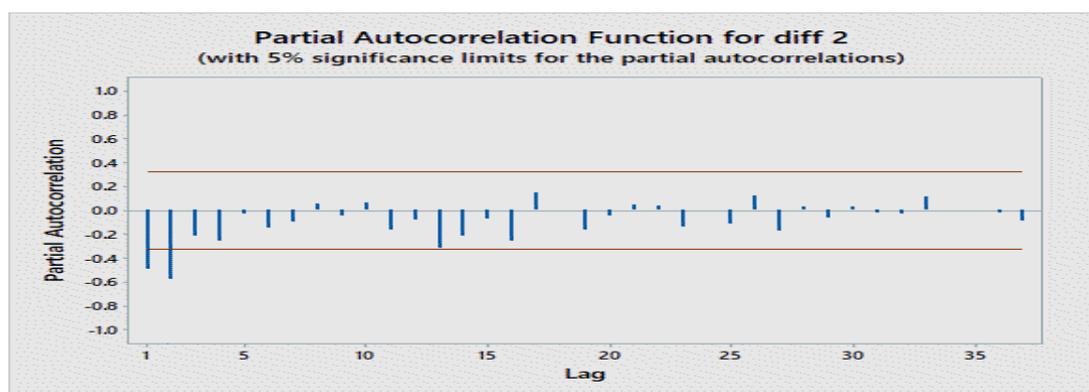
Gambar 10 Plot trend data hasil diferensiasi ke 2 data permintaan air PT PKN

Dari hasil di atas, kita dapat menyimpulkan bahwa data tersebut stasioner terhadap rata-rata karena garis tren pada grafik berbentuk horizontal. Artinya nilai rata-rata datanya

tetap. Langkah selanjutnya adalah meninjau dengan grafik ACF dan PACF untuk menentukan model sementara yang digunakan.



Gambar 11 Plot ACF data hasil diferensiasi 2 permintaan air PT PKN



Gambar 12 Plot PACF data hasil diferensiasi 2 penjualan air PT PKN

Pada plot diatas dapat dilihat bahwa plot ACF memotong garis pada lag pertama dan plot PACF memotong garis pada lag pertama dan kedua sehingga model persamaan ARIMA data penjualan air kapal domestik adalah (1, 2, 1), (1,2, 2), (1,2,0), (0,2,1), (0,2,2)

### Estimasi Model

Hasil estimasi parameter dan pengujian parameter beberapa model yang diperoleh dengan menggunakan *software* Minitab 17 adalah sebagai berikut:

#### Model ARIMA (1, 2, 1)

Dari hasil perhitungan menggunakan *software* Minitab diperoleh model ARIMA sebagai berikut:

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh model ARIMA (1,2,1) bisa disimpulkan:

#### Uji Signifikan

Tabel 1 Estimasi dan Signifikansi Parameter ARIMA (1, 2, 1)

Model	Parameter	Estimasi	$t_{hitung}$	$P_{value}$	$t_{(\alpha,39)}$
ARIMA (1,2,1)	AR 1	0,1742	-0,99	0,328	2,02269
	MA 1	0,1061	9,15	0,000	

Tabel 1 menunjukkan bahwa model dugaan ARIMA (1,2,1) yang diperoleh dari identifikasi lag-lag pada plot ACF dan PACF data differensi ke 2 data permintaan air PT PKN, parameter dari model ARIMA (1,2,1) tidak signifikan.

Karena:

- AR 1

$$|t_{hitung}| < t_{(\alpha,39)} = 0,99 < 2,02269$$

$$Pvalue > \alpha = 0,328 > 0,05$$

Sehingga untuk uji kesesuaian model seperti pengujian ljung box tidak bisa dilanjutkan karena salah satu parameter dari model ARIMA (1,2,1) tidak signifikan.

### Model ARIMA (1, 2, 2)

Dari hasil perhitungan menggunakan *software* Minitab diperoleh model ARIMA sebagai berikut:

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh model ARIMA (1,2,2) bisa disimpulkan:

#### Uji Signifikan

Tabel 2 Estimasi dan Signifikansi Parameter ARIMA (1, 2, 2)

Model	Parameter	Estimasi	$t_{hitung}$	P <sub>value</sub>	$t_{(\alpha,39)}$
ARIMA (1,2,2)	AR 1	0,4544	-1,75	0,090	2,02269
	MA 2	0,3650	2,35	0,025	

Tabel 2 menunjukkan bahwa model dugaan ARIMA (1,2,2) yang diperoleh dari identifikasi lag-lag pada plot ACF dan PACF data differensi ke 2 data permintaan air PT PKN, parameter dari model ARIMA (1,2,2) tidak signifikan.

Karena:

- AR 1

$$|t_{hitung}| < t_{(\alpha,39)} = 1,175 < 2,02269$$

$$Pvalue > \alpha = 0,090 > 0,05$$

Sehingga untuk uji kesesuaian model seperti pengujian ljung box tidak bisa dilanjutkan karena salah satu parameter dari model ARIMA (1,2,2) tidak signifikan.

### Model ARIMA (1, 2, 0)

Dari hasil perhitungan menggunakan *software* Minitab diperoleh model ARIMA sebagai berikut:

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh model ARIMA (1,2,0) bisa disimpulkan:

#### Uji Signifikan

Tabel 3 Estimasi dan Signifikansi Parameter ARIMA (1,2,0)

Model	Parameter	Estimasi	$t_{hitung}$	P <sub>value</sub>	$t_{(\alpha,39)}$
ARIMA (1,2,0)	AR 1	0,1451	-3,39	0,0020	2,02269

Tabel 3 menunjukkan bahwa model dugaan ARIMA (1,2,0) yang diperoleh dari identifikasi lag-lag pada plot ACF dan PACF data differensi ke 2 data permintaan air PT PKN, parameter dari model ARIMA (1,2,0) signifikan.

Karena:

- AR 1

$$|t_{hitung}| > t_{(\alpha,39)} = 3,39 > 2,02269$$

$$Pvalue < \alpha = 0,0020 < 0,05$$

Sehingga dilanjutkan uji kesesuaian model seperti pengujian ljung box

### Uji Ljung-Box

Uji ljung-box ini dilakukan untuk mengetahui apakah residual memenuhi asumsi *white noise* dengan hipotesis:

$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$  (residual tidak saling berkorelasi)

$H_1$ : minimal ada satu  $\rho_k \neq 0$  (residual saling berkorelasi)

Taraf signifikan :  $\alpha = 0,05$

Daerah Penolakan : tolak  $H_0$  jika  $\chi^2_{hitung} > \chi^2_{tabel}$  atau  $Pvalue < \alpha$

Tabel 4 Residual White Noise Model ARIMA (1,2,0) Permintaan Air PT PKN

<i>lag</i>	<i>Chi-Square</i>	<i>Pvalue</i>	<i>White noise</i>
12	17,0	0,074	Ya
24	43.0	0,0051	Tidak
36	53.1	0,020	Tidak

Tabel 4 menunjukkan bahwa pendugaan model ARIMA (1,2,0) pada *lag* 24 dan 36 memiliki keputusan gtolak  $H_0$  karena *P value*nya lebih kecil dari 0,05 sehingga model tidak memenuhi residual *white noise*.

### Model ARIMA (0, 2, 1)

Dari hasil perhitungan menggunakan *software* Minitab diperoleh model ARIMA sebagai berikut:

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh model ARIMA (0,2,1) bisa disimpulkan:

Uji Signifikan

Tabel 5 Estimasi dan Signifikansi Parameter

<b>Model</b>	<b>Parameter</b>	<b>Estimasi</b>	<b>t<sub>hitung</sub></b>	<b>P<sub>value</sub></b>	<b>t<sub>(<math>\alpha</math>,39)</sub></b>
ARIMA (0,2,1)	MA 1	0,1197	8,15	0,000	2,02269

Tabel 5 menunjukkan bahwa model dugaan ARIMA (0,2,1) yang diperoleh dari identifikasi lag-lag pada plot ACF dan PACF data differensi ke 2 data permintaan air PT PKN, parameter dari model ARIMA (0,2,1) signifikan.

Karena:

- AR 1

$$|t_{hitung}| > t_{(\alpha,39)} = 8,15 > 2,02269$$

$$Pvalue < \alpha = 0,000 < 0,05$$

Sehingga dilanjutkan uji kesesuaian model seperti pengujian ljung box

### Uji Ljung-Box

Uji ljung-box ini dilakukan untuk mengetahui apakah residual memenuhi asumsi *white noise* dengan hipotesis:

$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$  (residual tidak saling berkorelasi)

$H_1$ : minimal ada satu  $\rho_k \neq 0$  (residual saling berkorelasi)

Taraf signifikan :  $\alpha = 0,05$

Daerah Penolakan : tolak  $H_0$  jika  $\chi^2_{hitung} > \chi^2_{tabel}$  atau  $Pvalue < \alpha$

Tabel 6 Residual White Noise Model ARIMA (0,2,1) Permintaan Air PT PKN

<i>lag</i>	<i>Chi-Square</i>	<i>Pvalue</i>	<i>White noise</i>
------------	-------------------	---------------	--------------------

12	10,4	0,407	Ya
24	30,5	0,106	Ya
36	37,6	0,307	Ya

Tabel 6 menunjukkan bahwa pendugaan model ARIMA (0,2,1) pada semua *lag* memiliki keputusan gagal tolak  $H_0$  karena *P value*nya lebih besar dari 0,05 semuanya sehingga model telah memenuhi residual *white noise*.

- Kondisi invertibilitas dan stasioneritas sudah terpenuhi. Hal ini ditunjukkan dengan koefisien yang diperoleh nilainya  $< 1$ .

Tabel 7 Nilai Koefisien ARIMA (0,2,1)

Type	Coefficient
ARIMA (0,2,1)	0.9751

Dapat dilihat tabel 7 diatas sudah menunjukkan nilai koefisien ARIMA (0,2,1) kurang dari 1.

- MS atau MSE yang diperoleh adalah 50168.

### Model ARIMA (0, 2, 2)

Dari hasil perhitungan menggunakan *software* Minitab diperoleh model ARIMA sebagai berikut:

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh model ARIMA (0,2,2) bisa disimpulkan:

Uji Signifikan

Tabel 8 Estimasi dan Signifikansi Parameter ARIMA (0,2,2)

Model	Parameter	Estimasi	$t_{hitung}$	$P_{value}$	$t_{(\alpha,39)}$
ARIMA (0,2,2)	MA 2	0,1761	-0.94	0,355	2,02269

Tabel 8 menunjukkan bahwa model dugaan ARIMA (0,2,2) yang diperoleh dari identifikasi lag-lag pada plot ACF dan PACF data differensi ke 2 data permintaan air PT PKN, parameter dari model ARIMA (0,2,2) tidak signifikan.

Karena:

- MA 2

$$|t_{hitung}| < t_{(\alpha,39)} = 0,94 < 2,02269$$

$$P_{value} > \alpha = 0,355 > 0,05$$

Sehingga tidak bisa dilanjutkan uji kesesuaian model seperti pengujian *ljung box* .

### Verifikasi

Langkah selanjutnya yaitu verifikasi bertujuan untuk memeriksa apakah estimasi model yang telah didapat bagus atau tidak dengan cara mencari nilai MS atau MSE terkecil pada model-model diatas yang memenuhi asumsi. Dari hasil estimasi model diatas didapat hasilnya sebagai berikut:

Tabel 9 Nilai MSE

Model	MSE	
1	ARIMA (0,2,1)	50168

Berdasarkan hasil rekap yang diperoleh, dipilih model yang memenuhi parameter signifikan dan MSE Terkecil. Dari rekap tersebut diketahui bahwa hanya model yang memenuhi parameter yaitu ARIMA (0,2,1).

## PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN

Berdasarkan perhitungan MSE kedua metode di atas, diperoleh nilai MSE metode double exponential smoothing yaitu 44405,82 lebih kecil dibandingkan nilai MSE metode ARIMA yaitu 50168. Jika hal ini dilakukan maka metode double exponential smoothing akan memiliki waktu komputasi yang lebih cepat dibandingkan dengan metode ARIMA. Hal ini disebabkan karena metode ARIMA memerlukan pengolahan untuk menjadikan data stasioner dengan pola trend, namun metode Double Exponential Smoothing Brown yang merupakan contoh penerapannya memerlukan pengolahan (non stasioner) untuk menjadikan data stasioner dengan pola trend tidak pola.

## KESIMPULAN

Hasil prediksi permintaan Penjualan PT PKN menggunakan metode Double Exponential Smoothing dari periode Oktober 2023 - Maret 2024 berturut – turut pada bulan Oktober 2023 sebesar 833.596, November 2023 sebesar 825.279, Desember 2023 sebesar 816.961, Januari 2024 sebesar 808.643, Februari 2024 sebesar 800.326, Maret 2024 sebesar 792.008. Nilai error yang diperoleh yaitu MSE 44405.82. Berdasarkan hasil identifikasi model didapatkan 5 model yang memungkinkan untuk digunakan dalam peramalan yaitu ARIMA (1,2,1), ARIMA (1,2,2), ARIMA (1,2,0), ARIMA (0,2,1) dan ARIMA (0,2,2) namun setelah dicek kembali dengan estimasi model hanya terdapat 1 model saja yang layak untuk dijadikan model persamaan peramalan yaitu ARIMA (0,2,1), Model ARIMA (0,2,1) mempunyai nilai MSE sebesar 50168. maka dapat disimpulkan bahwa model yang paling baik digunakan adalah model ARIMA (0,2,1) untuk model peramalan permintaan air PT Petro Karya Niaga. Hasil prediksi yang diperoleh dari bulan 2023 - Maret 2024 berturut – turut secara berurutan adalah adalah 810.57; 796.78, 783.65, 771.17, 759.33 dan 748.15. Metode Double Exponential Smoothing lebih baik dibandingkan metode ARIMA karena menghasilkan nilai MSE yang lebih kecil serta memiliki waktu komputasi yang lebih cepat dibandingkan ARIMA dalam penggunaannya untuk memprediksi permintaan air di PT PKN.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, H. Y., Aspriyani, R., & Ahmad, M. (2023). Forecasting Daily Maximum And Minimum Air Temperatures In The Cilacap District Using Arima And Exponential Smoothing. *Jurnal Matematika, Sains, Dan Teknologi*, 24, 47–61.
- Arnorce, E., Herdi, H., Sanga, K. P., Akuntansi, P., Ekonomi, F., Bisnis, D., Nusa, U., Jl, N., Kesehatan, N., Timur, K. A., Sikka, K., & Tenggara Timur, N. (2023). Analisis Forecasting Penjualan Obat Dengan Menggunakan Metode Least Square (Studi Kasus Pada Klinik King Medika Pelibaler). *Student Research Journal*, 1(5), 89–99. <https://doi.org/10.55606/Srjyappi.V1i5.623>
- Faturrahman, R. (2021). *Optimalisasi Kinerja Fresh Water Generator Guna Memenuhi Kebutuhan Air Tawar Pada Kapal Mv. Ck*.
- Mustain, I., Rahmanto, H., & Suaka Bahari Cirebon, A. (2019). Studi Kinerja Fresh Water Generator Di Kapal Ahts Peteka 5401. Dalam *Jurnal Sains Teknologi Transportasi Maritim: Vol. I* (Nomor 2).

- Prayogo, D. (2020). Pelatihan Basic Safety Training (Bst) Kepada Nelayan Tegal Untuk Menunjang Keselamatan Pelayaran. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 11(2), 236–239.
- Safitri, S. (2021). Makna Laut Bagi Indonesia Secara Politik Oleh. *Seminar Nasional Pendidikan Ips*, 121–125.
- Saragih, S. M., & Sembiring, P. (2022). Analisis Perbandingan Metode Arima Dan Double Exponential Smoothing Dari Brown Pada Peramalan Inflasi Di Indonesia. *Journal Of Fundamental Mathematics And Applications (Jfma)*, 5, 176–191. <https://doi.org/10.14710/Jfma.V5i2.15312>
- Sri Rahayu, W., Tri Juwono, P., & Soetopo, W. (2019). Analisis Prediksi Debit Sungai Amprong Dengan Model Arima (Autoregressive Integrated Moving Average) Sebagai Dasar Penyusunan Pola Tata Tanam. *Jurnal Teknik Pengairan*, 10(2), 110–119.
- Triyanto. (2019). Analisa Instalasi Pengolahan Air Minum Pdam Kota Gorontalo. *Radial – Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi*, 4(1), 8–16.
- Zuhroh, A. (2023). *Perbandingan Metode Triple Exponential Smoothing Dan Arima Untuk Peramalan Jumlah Kebutuhan Air Pelanggan Pdam Kabupaten Pasuruan*.