

Peramalan Banyaknya Penumpang Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado Dengan Metode *Winter's Exponential Smoothing* dan *Seasonal ARIMA*

Priscilia F.A. Tambuwun¹, Nelson Nainggolan¹, Yohanes A.R. Langi^{1*}

¹Jurusan Matematika–Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam–Universitas Sam Ratulangi Manado, Indonesia

*Corresponding author : prisciliatambuwun103@student.unsrat.ac.id

ABSTRAK

Metode *Winter's Exponential Smoothing* digunakan untuk mengatasi pola musiman pada data. Metode ini dibagi menjadi dua model, yaitu model aditif dan multiplikatif. Sedangkan metode *Seasonal ARIMA* merupakan metode *ARIMA* yang digunakan untuk menyelesaikan time series musiman. Data yang digunakan yaitu data sekunder dari PT. Angkasa Pura I (Persero) Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado periode Januari 2015 sampai dengan Desember 2022. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan model peramalan jumlah penumpang pada PT. Angkasa Pura I (Persero) Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado, serta membandingkan metode *Winter's Exponential Smoothing* dan *Seasonal ARIMA* berdasarkan nilai MSD terkecil. Hasil perbandingan dari kedua metode dengan nilai MSD terkecil yaitu dengan metode *Winter's Exponential Smoothing* dengan persamaan model multiplikatif. Hasil analisis pada penumpang kedatangan, yaitu pemulusan eksponensial data asli (α) adalah 0,9, pemulusan pola trend (β) adalah 0,1, dan pemulusan pola musiman (γ) adalah 0,1. Dengan hasil peramalan tahun 2023 yaitu: Januari 95.046, Februari 87.154, Maret 98.462, April 97.391, Mei 110.061, Juni 103.098, Juli 130.360, Agustus 118.165, September 108.790, Oktober 115.673, November 112.114, dan Desember 132.406. Hasil analisis pada keberangkatan penumpang domestik, yaitu $\alpha = 0,9$, $\beta = 0,1$, dan $\gamma = 0,2$. Dengan hasil peramalan jumlah keberangkatan pada tahun 2023, yaitu Januari 108.900, Februari 88.588, Maret 100.646, April 98.066, Mei 111.638, Juni 112.963, Juli 126.684, Agustus 111.471, September 111.872, Oktober 116.211, November 111.990, dan Desember 117.431.

INFO ARTIKEL

Diterima : -

Diterima setelah revisi : -

Tersedia online : -

Kata Kunci:

MSD

Penumpang Domestik

Peramalan

Seasonal ARIMA

Winter's Exponential Smoothing

ABSTRACT

The *Winter's Exponential Smoothing* method is used to overcome seasonal patterns in data. This method is divided into two models, namely additive and multiplicative models. While the *Seasonal ARIMA* method is an *ARIMA* method used to solve seasonal time series. The data used is secondary data from PT. Angkasa Pura I (Persero) Sam Ratulangi International Airport Manado for the period January 2015 to December 2022. The purpose of this research is to determine the model for forecasting the number of passengers at PT. Angkasa Pura I (Persero) Sam Ratulangi International Airport Manado, as well as to compare the *Winter's* method *Exponential Smoothing* and *Seasonal ARIMA* based on the smallest MSD value. The results of the comparison of the two methods with the smallest MSD value are the *Winter's Exponential Smoothing* method with the multiplicative model equation. The results of the analysis on arriving passengers, namely the exponential smoothing of the original data (α) is 0.9, the smoothing of the trend pattern (β) is 0.1, and the smoothing of the seasonal pattern (γ) is 0.1. With the results of the 2023 forecast, namely: January 95,046, February 87,154, March 98,462, April 97,391, May 110,061, June 103,098, July 130,360, August 118,165, September 108,790, October 115,673, November 112,114, and December 136.40. The results of the analysis on domestic passenger departures are $\alpha = 0.9$, $\beta = 0.1$, and $\gamma = 0.2$. With the results of forecasting the number of departures in 2023, namely January 108.900, February 88.588, March 100.646, April 98.066, May 111.638, June 112.963, July 126.684, August 111.471, September 111.872, October 116.211, November 111.990, and December 117.431.

ARTICLE INFO

Accepted : -

Accepted after revision : -

Available online : -

Keywords:

MSD

Domestic Passengers

Forecasting

Seasonal ARIMA

Winter's Exponential Smoothing

1. PENDAHULUAN

Perkembangan zaman maju pada era globalisasi sangat pesat ini, salah satu bidang yang mengikuti perkembangan juga yaitu bidang transportasi. Dimana bertambahnya jumlah penduduk, maka kebutuhan akan alat transportasi juga ikut meningkat karena alat transportasi merupakan sarana penting bagi penduduk untuk melakukan aktivitas. Salah satu alat transportasi yang sering digunakan yaitu alat transportasi udara atau pesawat terbang. Pesawat terbang merupakan salah satu sarana yang dapat digunakan penduduk untuk menunjang aktivitasnya, baik dalam hal bisnis maupun pariwisata.

PT. Angkasa Pura I (Persero) Bandar Internasional Sam Ratulangi Manado merupakan perusahaan penyedia jasa transportasi udara di Manado. Sejak status ditingkatkan menjadi bandar udara internasional pada tahun 1994, jumlah penumpang pesawat terbang di Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado mengalami peningkatan.

Data jumlah penumpang menggunakan data runtun waktu (*time series*) yang dikumpulkan setiap tahun untuk mengetahui peningkatan jumlah penumpang di Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado. Diketahui bahwa, data *time series* adalah data yang dikumpulkan, dicatat, atau diamati berdasarkan urutan waktu. Dari data *time series* dapat digunakan untuk membuat peramalan dan dari hasil peramalan tersebut dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan kebijakan perusahaan.

Dalam rangka meramalkan jumlah penumpang di Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado, akan dibandingkan dengan dua metode peramalan yaitu, *Winter's Exponential Smoothing* dan *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)*. Metode *Winter's Exponential Smoothing* digunakan ketika data menunjukkan pola trend dan musiman. Metode ini serupa dengan metode *Holt's Exponential Smoothing* dengan satu persamaan tambahan untuk mengatasi pola musiman [1]. Sedangkan metode *Seasonal ARIMA* digunakan apabila data menunjukkan pola musiman.

Penelitian tentang peramalan serta ARIMA Musiman telah banyak dilakukan seperti: Perbandingan Metode ARIMA Dan *Exponential Smoothing* Dalam Memprediksi Harga Lada Putih Di Kota Pangkal Pinang Provinsi Kepulauan Bangka Belitung [2], Penerapan Metode SARIMA dalam Model Intervensi Fungsi Step untuk Memprediksi Jumlah Pegunjung Objek Wisata Londa [3], Pemodelan ARIMA Dalam Prediksi Penumpang Pesawat Terbang Pada Bandara Internasional Sam Ratulangi Manado [4].

Peramalan (*Forecasting*)

Definisi peramalan yaitu memperkirakan besarnya atau jumlah sesuatu pada waktu yang akan datang berdasarkan data pada masa lampau yang dianalisis secara alamiah khususnya menggunakan metode statistika [5]

Peramalan biasanya dilakukan untuk mengurangi ketidakpastian terhadap sesuatu yang akan terjadi di masa yang akan datang. Dalam usaha untuk mengurangi ketidakpastian maka digunakan metode peramalan. Metode peramalan dibagi kedalam dua kategori utama, yaitu metode kualitatif dan metode kuantitatif [1]. Peramalan dengan metode kuantitatif dapat dibagi

menjadi dua bagian, yaitu *time series* model dan *causal model* [6].

Analisis *Time Series*

Analisis *time series* pertama kali dikenalkan oleh George E. P. Box dan Gwilym M. Jenkins pada tahun 1970 melalui buku berjudul *Time Series Analysis: Forecasting and Control* [7]. Analisis *time series* merupakan metode peramalan kuantitatif untuk menentukan pola data pada masa lampau yang dikumpulkan berdasarkan urutan waktu, yang disebut data *time series*. Beberapa konsep yang berkaitan dengan analisis *time series* adalah *Autocorrelation Function (ACF)* atau fungsi autokorelasi dan *Partial Autocorrelation Function (PACF)* atau fungsi autokorelasi parsial. Autokorelasi merupakan korelasi atau hubungan antar data pengamatan suatu data *time series*.

Stasioneritas berarti tidak terdapat perubahan yang drastis pada data. Fluktuasi data berada di sekitar suatu nilai rata-rata yang konstan, tidak tergantung pada waktu dan varians dari fluktuasi tersebut [1]. Data *time series* dikatakan stasioner dalam rata-rata jika rata-ratanya tetap (tidak terdapat pola trend). Data dikatakan stasioner dalam rata-rata dan varians tidak mengalami perubahan secara sistematis sepanjang waktu atau dengan kata lain, rata-rata dan variansnya konstan. Data *time series* dikatakan stasioner dalam varians jika fluktuasi datanya tetap atau konstan (horizontal sepanjang sumbu waktu).

Proses *white noise* didefinisikan sebagai deret variabel acak yang independen dan berdistribusi identik. Suatu residu memenuhi proses *white noise* jika residu bersifat random dan berdistribusi normal. Residu bersifat random jika pada grafik ACF residu tidak ada lag (bar) yang melebihi garis batas signifikansi (garis putus-putus).

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah residual berdistribusi normal atau tidak. Pengujian dapat dilakukan dengan analisis grafik normal probability plot. Jika residual berdistribusi normal, maka residual akan menyebar disekitar garis diagonal.

Pola musiman merupakan pola yang berulang-ulang dalam selang waktu yang tetap dan umumnya tidak lebih dari satu tahun. Apabila dalam data hanya terdapat pola musiman, adanya faktor musim dapat dilihat dari grafik fungsi autokorelasi atau dari perbedaan lag autokorelasi.

Metode *Winter's Exponential Smoothing*

Smoothing adalah mengambil rata-rata dari nilai-nilai pada beberapa tahun untuk menaksir nilai pada suatu tahun [8].

Metode *smoothing* diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu metode perataan dan metode pemulusan eksponensial (*exponential smoothing*) [1].

Metode *Holt's exponential smoothing* atau metode pemulusan eksponensial dua parameter dari Holt dipopulerkan pada tahun 1957 [6]. Metode ini digunakan jika data dipengaruhi pola trend dan data nonstasioner. *Holt's exponential smoothing* memuluskan pola trend dengan parameter yang berbeda dengan parameter yang digunakan pada data asli.

Peramalan Banyaknya Penumpang Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado Dengan Metode Winter's Exponential Smoothing dan Seasonal ARIMA

d'Cartesian: Jurnal Matematika dan Aplikasi, Vol. 12, No. 1, (2023): Maret 2023

Metode *Winter's Exponential Smoothing* merupakan metode yang menyempurnakan Holt's exponential smoothing dengan menambahkan satu parameter untuk mengatasi pola musiman pada data.

Metode ini dibagi menjadi dua model, yaitu model aditif dan multiplikatif. Perhitungan dengan model aditif dilakukan jika plot data asli menunjukkan fluktuasi musim yang relatif stabil, sedangkan model multiplikatif digunakan jika plot data asli menunjukkan fluktuasi musim yang bervariasi.

Metode Seasonal ARIMA

Seasonal ARIMA merupakan model ARIMA yang dimodifikasi dengan mempertimbangkan faktor musiman. Secara umum model SARIMA dinotasikan sebagai berikut [9]:

$$ARIMA(p, d, q)(P, D, Q)^s \tag{1}$$

dengan (p, d, q) = bagian non-musiman dari model

(P, D, Q) = bagian musiman dari model

s = jumlah periode permusiman

Persamaan model *Seasonal ARIMA*, yaitu:

$$\Phi_p(B^s)\phi_p(B)(1 - B)^d(1 - B^s)^p Z_t = \theta_q(B)\Theta_Q(B^s)\epsilon_t \tag{2}$$

dengan $\phi_p(B)$ = faktor AR tidak musiman

$\theta_q(B)$ = faktor MA tidak musiman

$\Phi_P(B^S)$ = faktor AR musiman

$\Theta_Q(B^S)$ = faktor MA musiman

μ = rata-rata Z_t .

Ketetapan Penggunaan Metode Peramalan

Setiap metode peramalan pasti menghasilkan kesalahan. Jika tingkat kesalahan yang dihasilkan semakin kecil, maka hasil peramalan akan semakin mendekati tepat.

Alat ukur yang digunakan untuk menghitung kesalahan prediksi, yaitu:

Mean Squared Deviation (MSD).

$$MSD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Z_t - \hat{Z}_t)^2 \tag{3}$$

Semakin kecil nilai yang dihasilkan oleh alat ukur tersebut, maka metode peramalan yang digunakan akan semakin baik. Pada program MINITAB, MSD untuk metode Seasonal ARIMA dinyatakan dengan MS.

2. METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dimulai sejak September 2022 sampai dengan April 2023, dari penyusunan proposal sampai pengolahan data. Pengolahan data dilakukan di tempat tinggal peneliti dan suatu waktu diperlukan akan dilakukan di Laboratorium Komputer Dasar Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sam Ratulangi Manado.

Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yakni data yang diperoleh dan dikumpulkan peneliti secara tidak langsung melainkan dengan pihak lain. Data ini diperoleh dari PT. Angkasa

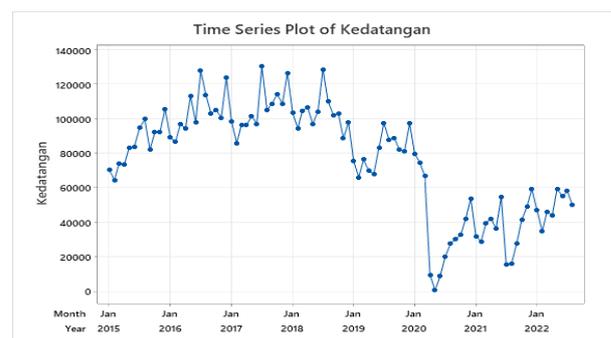
Pura I (Persero) Bandar Internasional Sam Ratulangi Manado berupa data jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik pada Januari 2015 sampai dengan Desember 2022.

Tahapan Penelitian

1. Pengumpulan data jumlah penumpang keberangkatan dan kedatangan domestik di Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado.
2. Analisis dengan Metode *Winter's Exponential Smoothing*
 - a. Membuat *time series plot*, *winter's method plot* dan ACF
 - b. Menentukan nilai parameter α, β, γ
 - c. Inisialisasi nilai parameter α, β, γ kedalam empat persamaan model aditif atau multiplikatif.
 - d. Menghitung MSD.
 - e. Melakukan prediksi untuk beberapa periode kedepannya.
3. Analisis dengan Metode *SARIMA*
 - a. Membuat *time series plot*, ACF dan PACF
 - b. Mengidentifikasi kestasioneran data
 - c. *Time series plot*, ACF, dan PACF dari data hasil *differencing* dan transformasi. Jika data sudah stasioner, langsung menentukan model.
 - d. Melakukan estimasi parameter model.
 - e. Menguji kelayakan model, jika model belum memadai maka dilakukan uji model baru dengan uji *white noise* dan uji normalitas.
 - f. Menghitung nilai MSD.
4. Melakukan Perbandingan Hasil Peramalan dengan menggunakan Metode *Winter's Exponential Smoothing* dan *Seasonal ARIMA* berdasarkan nilai MSD terkecil.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan plot data penumpang domestik baik kedatangan dan keberangkatan di Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado yang di analisis dari awal Januari 2015 sampai Desember 2022 terlihat bahwa penumpang domestik berfluktuasi setiap bulannya. Penumpang domestik kedatangan dan keberangkatan periode Januari 2015 sampai Desember 2022 dapat dilihat pada grafik yang disajikan pada gambar 1 dan gambar 2:



Gambar 1. Time Series Plot jumlah kedatangan penumpang domestik di Bandar Udara Sam Ratulangi Manado



Gambar 2. Time Series Plot jumlah keberangkatan penumpang domestik di Bandar Udara Sam Ratulangi Manado

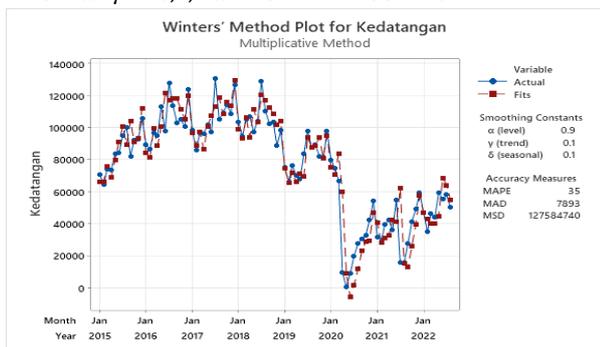
Pada Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan bahwa data mengandung pola *seasonal* (musiman) lebih kuat daripada pola *trend* sehingga pola *trend* tampak tidak begitu jelas, dilihat dari beberapa grafik yang berulang pada bulan yang sama di setiap tahunnya.

Pada grafik ACF dan PACF jumlah kedatangan dan keberangkatan memperlihatkan terjadi autokorelasi pada data, dimana adanya bar yang melebihi garis putus-putus sehingga data tidak stasioner dalam mean dan terdapat juga pola musiman lebih kuat daripada pola *trend* sehingga pola *trend* tampak tidak begitu jelas, dilihat dari lag yang kelipatannya keluar dari garis putus-putus. Pada grafik ACF dan PACF penumpang keberangkatan memperlihatkan bahwa adanya autokorelasi pada data sehingga data dikatakan nonstasioner.

Data jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik merupakan data mengandung pola *seasonal* dan pola *trend* sehingga metode *Winter's Exponential Smoothing* dapat digunakan.

Metode *Winter's Exponential Smoothing* Jumlah Kedatangan Penumpang Domestik

Time series plot pada Gambar 1 memperlihatkan bahwa fluktuasi musim yang bervariasi. Hal ini menunjukkan bahwa data asli model multiplikatif. Dengan menggunakan cara *trial and error*, didapat nilai dugaan parameter dengan nilai MSD terkecil. Dari cara tersebut, diperoleh konstanta pemulusan untuk data kedatangan $\alpha = 0,9$, konstanta pemulusan untuk pola *trend* $\beta = 0,1$, konstanta pemulusan untuk pola musiman $\gamma = 0,1$, dan $MSD = 127584740$.



Gambar 3. Grafik peramalan jumlah kedatangan penumpang domestik dengan Metode *Winter's Exponential Smoothing*

Dapat dilihat pada grafik ACF terdapat satu bar yang melewati garis putus-putus, yang berarti residual bersifat random dan model bisa digunakan

Dari hasil grafik ACF, diperoleh empat persamaan model multiplikatif *Winter's Exponential Smoothing*, yaitu:

1. Pemulusan eksponensial data asli

$$L_t = 0,9 \frac{Y_t}{S_{t-12}} + 0,1(L_{t-1} + T_{t-1})$$

2. Pemulusan pola *trend*

$$T_t = 0,1(L_t - L_{t-1}) + 0,9T_{t-1}$$

3. Pemulusan pola musiman

$$S_t = 0,1 \frac{Y_t}{L_t} + 0,9S_{t-12}$$

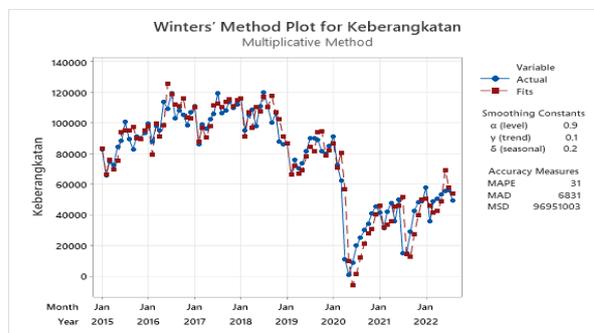
4. Ramalan p periode ke depan

$$\hat{Y}_{t-p} = (L_t + pT_t)S_{t-12+p}$$

Dari hasil peramalan yang didapat untuk tahun 2023 pada penumpang domestik kedatangan didapatkan bahwa adanya kenaikan sebanyak 609.704 penumpang dari total penumpang tahun 2022.

Jumlah Keberangkatan Penumpang Domestik

Time series plot pada Gambar 2 memperlihatkan bahwa fluktuasi musim yang bervariasi. Hal ini menunjukkan bahwa data asli model multiplikatif. Dengan menggunakan cara *trial and error*, didapat nilai dugaan parameter dengan nilai MSD terkecil. Dari cara tersebut, diperoleh konstanta pemulusan untuk data kedatangan $\alpha = 0,9$, konstanta pemulusan untuk pola *trend* $\beta = 0,2$, konstanta pemulusan untuk pola musiman $\gamma = 0,1$, dan $MSD = 96951003$.



Gambar 4. Grafik peramalan jumlah keberangkatan penumpang domestik dengan Metode *Winter's Exponential Smoothing*

Pada grafik ACF terdapat satu bar yang melewati garis putus-putus, yang berarti residual bersifat random dan model bisa digunakan.

Peramalan Banyaknya Penumpang Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado Dengan Metode Winter's Exponential Smoothing dan Seasonal ARIMA

d'Cartesian: Jurnal Matematika dan Aplikasi, Vol. 12, No. 1, (2023): Maret 2023

Dari hasil grafik ACF, diperoleh empat persamaan model multiplikatif *Winter's Exponential Smoothing*, yaitu:

1. Pemulusan eksponensial data asli

$$L_t = 0,9 \frac{Y_t}{S_{t-12}} + 0,1(L_{t-1} + T_{t-1})$$

2. Pemulusan pola *trend*

$$T_t = 0,1(L_t - L_{t-1}) + 0,9T_{t-1}$$

3. Pemulusan pola musiman

$$S_t = 0,2 \frac{Y_t}{L_t} + 0,8S_{t-12}$$

4. Ramalan p periode ke depan

$$\hat{Y}_{t-p} = (L_t + pT_t)S_{t-12+p}$$

Dari hasil peramalan yang didapat untuk tahun 2023 pada penumpang domestik keberangkatan didapatkan bahwa adanya kenaikan sebanyak 708.597 penumpang dari total penumpang tahun 2022.

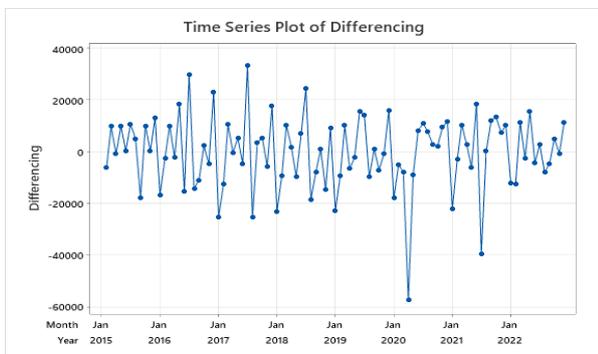
Metode Seasonal ARIMA

Berdasarkan plot data pada Gambar 1 dan Gambar 2 data yang digunakan pada penelitian ini belum stasioner dalam variansi maupun dalam rata-rata. Hal pertama yang perlu digunakan adalah mengidentifikasi kestasioneran data dalam variansi. Berikut adalah hasil identifikasi data dalam variansi dengan menggunakan transformasi Box-Cox.

Berdasarkan plot data Box-Cox jumlah penumpang kedatangan dan keberangkatan yang didapat bahwa nilai tranformasi telah sama dengan 1.00, yang artinya data sudah signifikan dan stasioner dalam variansi.

Jumlah Kedatangan Penumpang Domestik

Gambar 5 merupakan plot data jumlah kedatangan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado setelah data dilakukan differencing tidak musiman dan musiman.



Gambar 5. Plot data jumlah kedatangan penumpang domestik di Bandara Udara Internasional Sam Ratulangi Manado setelah di differencing tidak musiman dan musiman

Setelah dilakukan *differencing*, tahapan selanjutnya yaitu mengidentifikasi model. Identifikasi model dilakukan dengan melihat grafik ACF dan PACF.

Berdasarkan grafik ACF dan PACF yang didapat, maka kemungkinan model peramalan yang dapat digunakan terlampir pada Tabel 3.

Tabel 1. Kemungkinan Model Peramalan Jumlah Kedatangan Penumpang Domestik di Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado

Model	Mean Square Deviation	Keterangan
SARIMA (1,1,1)(0,1,1) ₁₂	154076551	AR (1), MA (1) dan SMA (12) signifikan
SARIMA (0,1,1)(0,1,1) ₁₂	154795867	MA (1) tidak signifikan
SARIMA (1,1,0)(1,1,0) ₁₂	180571365	AR (1), MA (1) dan SAR (12) signifikan dan model digunakan
SARIMA (1,1,1)(1,1,1) ₁₂	154129562	SAR (12) tidak signifikan
SARIMA (1,1,0)(1,1,1) ₁₂	155063572	AR (1) dan SAR (12) tidak signifikan

Dari Tabel 1, model yang terpilih adalah SARIMA(1,1,1)(0,1,1)₁₂ dengan nilai MSD = 154.076.551.

Model SARIMA(1,1,1)(0,1,1)₁₂ menunjukkan bahwa AR (1), MA (1), dan SMA (12) memiliki nilai $p < 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa model dapat digunakan.

Jadi, model *Seasonal ARIMA* untuk jumlah kedatangan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado dengan model SARIMA(1,1,1)(0,1,1)₁₂ adalah

$$Z_t = \mu + \phi_1(Z_{t-1} - \mu) + \varepsilon_t - \theta_1\varepsilon_{t-1} + \Theta_1\varepsilon_{t-13}$$

$$Z_t = -39.3 + 0.8383(Z_{t-1} - 39.3) + \varepsilon_t + 0.9417\varepsilon_{t-1} + 0.764\varepsilon_{t-13}$$

$$Z_t = -39.3 + 0.8383Z_{t-1} - 32.94519 + \varepsilon_t + 0.9417\varepsilon_{t-1} + 0.764\varepsilon_{t-13}$$

$$Z_t = -72.24519 + 0.8383Z_{t-1} + \varepsilon_t + 0.9417\varepsilon_{t-1} + 0.764\varepsilon_{t-13}$$

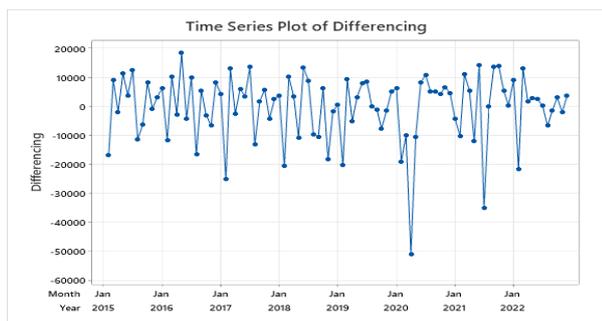
Grafik *Normal Probability Plot* yang didapat memperlihatkan bahwa residual mengikuti garis diagonal, yang berarti residual berdistribusi normal.

Karena residual bersifat random dan berdistribusi normal, maka residual memenuhi asumsi *white noise*.

Dari hasil peramalan yang didapat untuk tahun 2023 pada penumpang domestik kedatangan didapatkan bahwa adanya kenaikan sebanyak 705.109 penumpang dari total penumpang tahun 2022.

Jumlah Keberangkatan Penumpang Domestik

Gambar 7 merupakan plot data jumlah keberangkatan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado setelah data dilakukan differencing tidak musiman dan musiman.



Gambar 7. Plot data jumlah keberangkatan penumpang domestik di Bandara Udara Internasional Sam Ratulangi Manado setelah di *differencing* tidak musiman dan musiman

Setelah dilakukan *differencing*, tahap selanjutnya adalah identifikasi model. Identifikasi model dapat dilakukan dengan melihat grafik ACF dan PACF.

Berdasarkan grafik ACF dan PACF yang didapat, maka kemungkinan model peramalan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kemungkinan Model Peramalan Jumlah Keberangkatan Penumpang Domestik di Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado

Model	Mean Square Error	Keterangan
SARIMA (2,1,3)(0,1,1) ₁₂	109163377	AR (2) dan MA (2) tidak signifikan
SARIMA (2,1,2)(2,1,1) ₁₂	103703686	AR (1), AR (2), SAR (1), MA (1), MA (2), SMA (12) signifikan dan model digunakan
SARIMA (1,1,2)(1,1,1) ₁₂	114049175	AR (1), MA (1), MA (2), SAR (12) dan SMA (2) tidak signifikan

Dari Tabel 2, model yang terpilih adalah SARIMA(2,1,2)(2,1,1)₁₂ karena mempunyai nilai MSD terkecil, yaitu 103.703.686.

Model SARIMA(2,1,2)(2,1,1)₁₂ menunjukkan bahwa AR (1), AR (2), SAR (24), MA (1), MA (2) dan SMA (12) memiliki nilai $p < 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa model dapat digunakan.

Jadi, model *Seasonal ARIMA* untuk jumlah keberangkatan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado dengan model SARIMA(2,1,2)(2,1,1)₁₂ yaitu

$$Z_t = \mu + \Phi_1(Z_{t-24} - \mu) + \phi_1(Z_{t-1} - \mu) + \phi_2(Z_{t-2} - \mu) + \varepsilon_t - \theta_1\varepsilon_{t-1} - \theta_2\varepsilon_{t-2} - \Theta_1\varepsilon_{t-12}$$

$$Z_t = -321 + 1.184Z_{t-1} - 380.064 - 0.901Z_{t-2} + 289.221 - 0.432Z_{t-24} + 138.672 + \varepsilon_t + 1.085(\varepsilon_{t-1}) - 0.818(\varepsilon_{t-2}) + 0.678(\varepsilon_{t-12})$$

$$Z_t = -273.171 + 1.184Z_{t-1} - 0.901Z_{t-2} - 0.432Z_{t-24} + \varepsilon_t + 1.085(\varepsilon_{t-1}) - 0.818(\varepsilon_{t-2}) + 0.678(\varepsilon_{t-12})$$

Grafik *Normal Probability Plot* yang didapat memperlihatkan bahwa residual mengikuti garis diagonal, yang berarti residual berdistribusi normal. Karena residu bersifat random dan berdistribusi normal, maka residual memenuhi asumsi *white noise*.

Dari hasil peramalan yang didapat untuk tahun 2023 pada penumpang domestik keberangkatan didapatkan bahwa adanya kenaikan sebanyak 711.236 penumpang dari total penumpang tahun 2022.

Perbandingan Hasil Peramalan Metode Winter's Exponential Smoothing dan Metode Seasonal ARIMA

Hasil peramalan jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik di Bandar Udara Sam Ratulangi Manado lebih tepat menggunakan metode *Winter's Exponential Smoothing*, karena menghasilkan nilai MSD yang lebih kecil dibandingkan nilai MSD yang dihasilkan oleh metode Seasonal ARIMA. Untuk lebih jelas dapat dilihat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Mean Squared Deviation (MSD)

Kasus	Mean Squared Deviation (MSD)	
	Winter's Exponential Smoothing	Seasonal ARIMA
Jumlah kedatangan penumpang domestik	127.584.740	154.076.551
Jumlah keberangkatan penumpang domestik	96.951.003	103.703.686

4. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang didapatkan dapat diambil kesimpulan, yaitu:

1. Hasil peramalan jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik pada PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado menggunakan metode *Winter's Exponential Smoothing* menunjukkan data multiplikatif. Dengan persamaan $\hat{Y}_{t-p} = (L_t + pT_t)S_{t-12+p}$. Dengan nilai konstanta pemulusan untuk data kedatangan $\alpha = 0,9$, konstanta pemulusan untuk pola trend $\beta = 0,1$, konstanta pemulusan untuk pola musiman $\gamma = 0,1$. Persamaan model jumlah keberangkatan yaitu $\hat{Y}_{t-p} = (L_t + pT_t)S_{t-12+p}$, dengan $\alpha = 0,9$, $\beta = 0,1$, dan $\gamma = 0,1$ Metode *Seasonal ARIMA* untuk model jumlah kedatangan yaitu, $Z_t = -72.24519 + 0.8383Z_{t-1} + \varepsilon_t + 0.9417\varepsilon_{t-1} + 0.764\varepsilon_{t-13}$, dan untuk model keberangkatan yaitu, $Z_t = -273.171 + 1.184Z_{t-1} - 0.901Z_{t-2} - 0.432Z_{t-24} + \varepsilon_t + 1.085(\varepsilon_{t-1}) - 0.818(\varepsilon_{t-2}) + 0.678(\varepsilon_{t-12})$.
2. Hasil peramalan jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik lebih tepat menggunakan metode *Winter's Exponential Smoothing* karena menghasilkan nilai MSD lebih kecil daripada metode *Seasonal ARIMA*.

REFERENSI

- [1] Makridakis, S., Wheelwright, S.C., & McGee, V.E. (1999). Metode dan Aplikasi Peramalan Jilid 1 (Ir. Untung Sus Ardiyanto, M.Sc. & Ir. Abdul Basith, M.Sc. Terjemahan). Edisi Kedua. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [2] Wahyuni, D., Stevanus, H., Pririzki, S.J., dan Amelia, R. 2021. Perbandingan Metode ARIMA Dan Exponential Smoothing Dalam Memprediksi Harga Lada Putih Di Kota Pangkal Pinang Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. *Frantion: Jurnal Teori dan Terapan Matematika*, Vol 1 No 1 (2021), Hal.1-9.
- [3] Christie, G., Hatidja, D., dan Tumilaar, R. 2022. Penerapan Metode SARIMA dalam Model Intervensi Fungsi Step untuk Memprediksi Jumlah Pengunjung Objek Wisata Londa. *Jurnal Ilmiah Sains*, 22(2): 96-103
- [4] Salmon, S.H.A., Nainggolan, N dan Hatidja, D. 2015. Pemodelan ARIMA Dalam Prediksi Penumpang Pesawat Terbang Pada Bandara Internasional Sam Ratulangi Manado. *d'Cartesian: Jurnal Matematika dan Aplikasi*, Vol. 4 No.1
- [5] Sudjana. (1986). Metode Statistika. Bandung: Tarsito.
- [6] Santoso, S. (2009). *Business Forecasting: Metode Peramalan Bisnis Masa Kini dengan MINITAB dan SPSS*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- [7] Iriawan, S & Astuti, S.P. (2006). Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan MINITAB 14. Yogyakarta: Penerbit Andi.

[8] Subagyo, P. (1986). *Forecasting: Konsep dan Aplikasinya*. Yogyakarta. BPFE.

[9] Wei, W.W.S. (2006). *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods Second Edition*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.

Priscilia Felicia Angel Tambuwun

(prisciliatambuwun103@student.unsrat.ac.id)



Lahir di Manado pada 17 Desember 2001. Menempuh pendidikan tinggi di Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Sam Ratulangi Manado. Tahun 2023 adalah tahun terakhir ia menempuh studi. Makalah ini merupakan hasil penelitian skripsinya yang dipublikasikan.

Nelson Nainggolan (n-nelson@unsrat.ac.id)



Lahir di Tapanuli Utara tanggal 9 Maret 1967. Gelar sarjana pendidikan Matematika diperoleh tahun 1992 di FMIPA IKIP Negeri Medan. Tahun 1996 menyelesaikan studi S2, di jurusan Matematika ITB Bandung. Tahun 2011 menyelesaikan studi S3 pada bidang Matematika di Universitas Padjadjaran Bandung. Saat ini menjadi pengajar akademik tetap di jurusan Matematika FMIPA Unsrat Manado.

Yohanes A. R. Langi (varlangi@gmail.com)



Lahir di Jakarta pada tanggal 13 Juni 1970. Pada tahun 1994 mendapatkan gelar Sarjana Sains (S.Si) yang diperoleh dari Universitas Kristen Indonesia-Tomohon. Gelar Magister Sains diperoleh dari Institut Pertanian Bogor pada tahun 2007. Ia bekerja di UNSRAT di Program Studi Matematika sebagai pengajar akademik tetap UNSRAT.