

Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Eksekutif di Pulau Jawa Menggunakan Model SARIMA

Laras Luthfiyyah Ibrahim, Eti Kurniati*

Prodi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

ARTICLE INFO

Article history :

Received : 10/2/2023
Revised : 15/6/2023
Published : 19/7/2023



Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Volume : 3
No. : 1
Halaman : 73-82
Terbitan : **Juli 2023**

ABSTRAK

Jumlah penumpang kereta api berfluktuasi terutama akan meningkat di saat hari raya Idul Fitri, natal dan tahun baru. Di saat seperti itu penumpang akan melebihi kapasitas yang tersedia. PT.KAI dalam meningkatkan kualitas pelayanannya, memerlukan pengetahuan jumlah penumpang di masa yang akan datang. Sehingga perusahaan bisa menyediakan sesuai dengan kebutuhan. Tujuan penelitian ini untuk membuat pemodelan yang akan digunakan untuk meramalkan jumlah penumpang kereta api di Pulau Jawa pada tahun 2023. Metode yang digunakan yaitu Seasonal ARIMA atau bisa disebut SARIMA. Metode ini merupakan metode untuk sebuah peramalan yang bersifat musiman. Hasil yang diperoleh dari model yang terbentuk yaitu SARIMA(1,0,1)(1,1,0)₁₂. Dengan hasil peramalan yaitu jumlah penumpang kereta api di Pulau Jawa pada bulan Maret menjelang hari raya Idul Fitri yaitu sebesar 4470 jiwa.

Kata Kunci : Kereta Api; Peramalan; SARIMA.

ABSTRACT

The number of fluctuating train passengers will especially increase during the Eid al-Fitr, Christmas and New Year holidays. At such times passengers will exceed the available capacity. To provide the best service, it is necessary to know the number of passengers in the future. So that the company can provide according to needs. With this research, it aims to create a model that will be used to predict the number of train passengers on the island of Java in 2023. The method used is Seasonal ARIMA or it can be called SARIMA. This method is a method for a forecast that is seasonal. The results obtained from the model formed are SARIMA(1,0,1)(1,1,0)₁₂. With the forecasting results, namely the number of train passengers on Java Island with the MSE obtained 119.17. From the MSE obtained, forecasting can be said to be accurate.

Keywords : Railway; Forecasting; SARIMA.

© 2023 Jurnal Riset Matematika Unisba Press. All rights reserved.

A. Pendahuluan

Transportasi darat merupakan salah satu sarana utama penunjang manusia untuk melakukan sebuah aktivitas. Saat ini komponen utama yaitu manusia mampu menciptakan nilai baru dikemudian hari. Perlu kita pahami bahwa transportasi secara umum adalah kegiatan mengangkut atau memindahkan sesuatu dari satu tempat ke tempat lain. Mengenai Pengertian Angkutan darat adalah segala bentuk angkutan yang menggunakan jalan raya untuk mengangkut penumpang atau barang [1]. Sebagai salah satu prasarana transportasi, transportasi darat memiliki peran strategis untuk mendukung sistem transportasi karena menjadi titik simpul hubungan antar daerah ataupun kota.

Transportasi darat merupakan moda transportasi yang paling dominan di Indonesia dibandingkan dengan moda transportasi lainnya seperti transportasi udara dan transportasi laut. Hal ini terlihat dari data OD Nasional tahun 2001 yang menggambarkan $\pm 95\%$ perjalanan penumpang dan barang menggunakan moda transportasi darat. Persentase yang besar ini mencerminkan ketergantungan penduduk Indonesia yang tinggi terhadap moda transportasi ini. Oleh karena itu, perencanaan pembangunan transportasi darat menjadi prioritas utama dalam rangka pembangunan Indonesia seutuhnya [2]. Pembangunan transportasi darat diperlukan tidak hanya untuk mengatasi permasalahan transportasi saat ini, tetapi juga untuk menjawab permasalahan transportasi yang diperkirakan akan muncul di masa mendatang.

Pulau Jawa merupakan pulau terpadat di Indonesia dengan masyarakatnya yang sangat antusias pada era saat ini. Banyak masyarakat yang berpergian menggunakan jasa angkutan darat. Salah satu jasa angkutan darat yang paling diminati masyarakat di Pulau Jawa yaitu kereta api. Kereta api menjadi pilihan bagi sebagian besar masyarakat Pulau Jawa. Jumlah penumpang kereta api selalu bertambah tiap tahunnya. Namun pada tahun 2020 terdapat pola menurun yang sangat drastis. Ini disebabkan oleh adanya pandemi di Indonesia. Hal ini mempengaruhi jumlah penumpang kereta api. Adapun lonjakan jumlah penumpang kereta api terjadi pada libur hari raya Idul Fitri, natal dan tahun baru sehingga data berpola musiman. Untuk menaksir lonjakan penumpang kereta api, diperlukan adanya peramalan untuk memprediksi periode kedepan. Jumlah penumpang kereta api selalu bertambah tiap tahunnya. Namun pada tahun 2020 terdapat pola menurun yang sangat drastis. Ini disebabkan oleh adanya pandemi di Indonesia. Hal ini mempengaruhi jumlah penumpang kereta api. Adapun lonjakan jumlah penumpang kereta api terjadi pada libur hari raya Idul Fitri, natal dan tahun baru sehingga data berpola musiman. Untuk menaksir lonjakan penumpang kereta api, diperlukan adanya peramalan untuk memprediksi periode kedepan.

Time series adalah serangkaian nilai-nilai variabel yang disusun berdasarkan waktu. [3]. Dengan mempelajari pola gerakan nilai-nilai variabel pada suatu interval tertentu seperti minggu, bulan, tahun yang diatur [4]. Dan dari analisis times series dapat diperoleh ukuran-ukuran yang dapat digunakan untuk membuat keputusan saat ini untuk peramalan dan perencanaan pada masa depan. Tujuan dari analisis runtun waktu (time series) adalah untuk meramalkan nilai masa depan [5]. Seiring perkembangan teknologi yang semakin maju, peramalan data time series telah banyak dikembangkan pada bidang kecerdasan buatan seperti Jaringan Syaraf Tiruan. Salah satu model time series yaitu model SARIMA[6].

Model SARIMA pernah digunakan oleh Hermanto untuk meramalkan tingkat penjualan motor di PT. Lancar Sukses Mandiri, oleh Adit untuk memprediksi jumlah wisatawan dalam negeri yang datang ke hotel di Daerah Istimewa Jogjakarta, dan oleh Roni untuk meramalkan harga bawang merah di enam kota besar Indonesia, oleh Anggraini untuk memodelkan SARIMA dan penerapannya [7]–[10]. *Seasonal Autoregressive Integrated Moving average* secara umum merupakan pengembangan dari metode ARIMA yaitu penggabungan antara *autoregressive* serta *moving average*, sebagai tambahannya metode ini di khususkan untuk data yang berpola seasonal, dengan demikian SARIMA adalah metode yang tepat untuk data jumlah penumpang kereta api. Tujuan dari penelitian ini adalah meramalkan jumlah penumpang kereta api di Pulau Jawa dengan menggunakan model SARIMA terbaik yang dihasilkan.

Seasonal Autoregressive Integrated Moving average secara umum merupakan pengembangan dari metode ARIMA yaitu penggabungan antara *autoregressive* serta *moving average*, sebagai tambahannya metode ini di khususkan untuk data yang berpola *seasonal*, dengan demikian SARIMA adalah metode yang tepat untuk data jumlah penumpang kereta api.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut: “Bagaimana pemodelan SARIMA yang terbentuk? Bagaimana hasil peramalan jumlah penumpang kereta api di Pulau Jawa dengan model SARIMA yang terbentuk?”. Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini diuraikan dalam pokok-pokok sbb. (1) Untuk mengetahui model SARIMA yang terbentuk; (2) Untuk mengetahui hasil dari peramalan jumlah penumpang kereta api di Pulau Jawa dengan menggunakan model SARIMA.

B. Metode Penelitian

Peneliti menggunakan metode kuantitatif, yaitu metode yang berhubungan dengan angka-angka. Tujuan dari metode ini yaitu mengembangkan dan menggunakan model-model matematis, teori-teori dan/atau hipotesis yang berkaitan dengan suatu fenomena. Data yang diambil yaitu data jumlah penumpang kereta api eksekutif wilayah Pulau Jawa dari Badan Pusat Statistik.

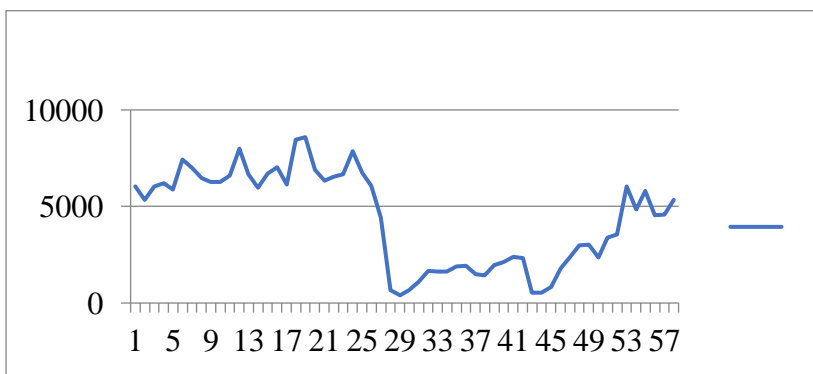
C. Hasil dan Pembahasan

Pemodelan SARIMA dan Hasil Peramalan Jumlah Penumpang KA Eksekutif di Pulau Jawa

Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data sekunder, yaitu data jumlah penumpang kereta api wilayah Jawa, data tersebut bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS). Data diambil dari awal januari 2017- Oktober 2022 sebanyak 58 data. Untuk tabel data dapat dilihat pada lampiran 1.

Untuk melakukan peramalan pada model SARIMA pertama-tama akan dilakukan plotting data. Setelah plotting data, akan dilakukan uji stasioneritas data pada varians dan rata-rata. Uji stasioner pada varians dilakukan dengan transformasi *Box-Cox*, jika data belum stasioner maka harus dilakukan transformasi kembali sampai data stasioner terhadap varians. Setelah data stasioner terhadap varians, lalu dilakukan uji stasioner terhadap rata-rata yaitu dengan melihat plot ACF. Jika tiga lag pertama sudah didalam selang kepercayaan maka data dapat dikatakan stasioner, jika tidak maka harus dilakukan *Differencing*. Jika data sudah stasioner terhadap varians dan rata-rata maka selanjutnya mengidentifikasi model. Setelah diperoleh model yang memungkinkan lalu uji signifikansi pada model tersebut. model dikatakan signifikansi jika residual bersifat *white noise*.

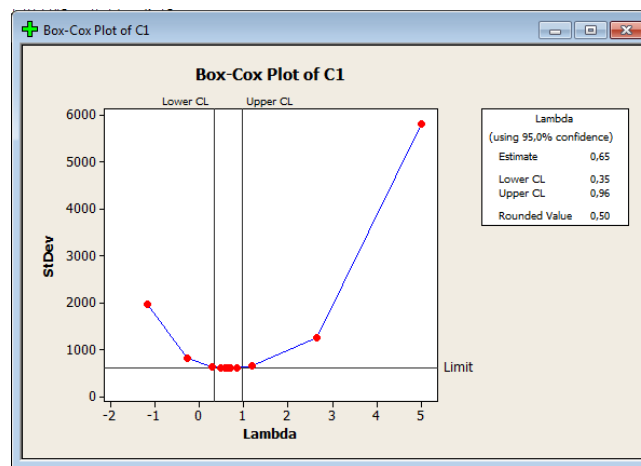
Berikut ini peramalan SARIMA pada jumlah penumpang kereta api eksekutif di Pulau Jawa. Pertama, yaitu plotting data jumlah penumpang kereta api di Pulau Jawa pada Januari 2018-Oktober 2022.



Gambar 1. Data Jumlah Penumpang

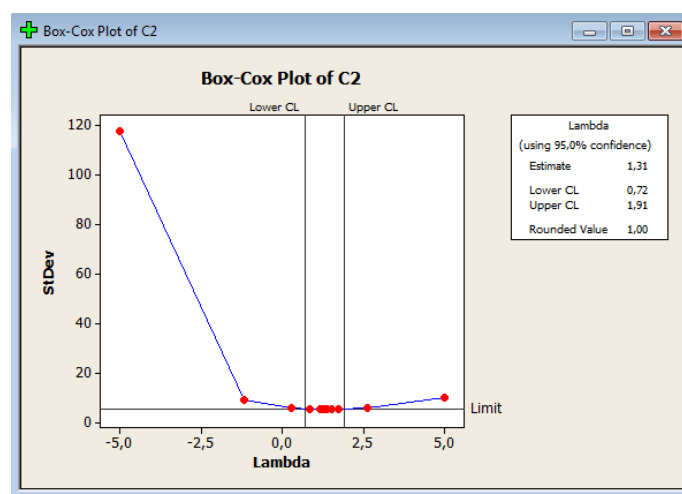
Dapat dilihat pada gambar diatas adanya peningkatan jumlah penumpang di bulan-bulan tertentu. Namun ditengah grafik terlihat adanya penurunan pada beberapa bulan, hal tersebut dikarenakan Indonesia sendiri mengalami musibah yaitu terpaparnya wabah *covid-19* atau *Corona Virus*. Adanya wabah tersebut berdampak pada penjualan tiket kereta api di Indonesia. Namun selebihnya, data jumlah penumpang tetap memiliki peningkatan atau lonjakan jumlah penumpang pada bulan tertentu. Dilihat dari gambar diatas, dapat dilihat pada Juni 2018, Juni 2019, Mei 2020 dan Mei 2021 terjadi peningkatan pada jumlah penumpang yang dipengaruhi oleh Hari Raya Idul Fitri. Dan terdapat peningkatan lainnya yaitu pada Bulan Desember yang dipengaruhi oleh liburan akhir tahun. Sehingga dapat disimpulkan bahwa data berpola musiman. Pola musiman ini yaitu adanya pergeseran pada Hari Raya Idul Fitri di setiap tahunnya.

Setelah plot data diatas, berikutnya uji stasioner data terhadap variansi dan rata-rata. Untuk melakukan uji stasioner data pada variansi dapat dilakukan transformasi *Box-Cox*. Hipotesis untuk penelitian ini yaitu jika *Rounded Value* (λ) bernilai 1,00 maka dapat dikatakan data sudah stasioner terhadap variansi. Berikut adalah hasil transformasi pertama dapat dilihat pada gambar dibawah.



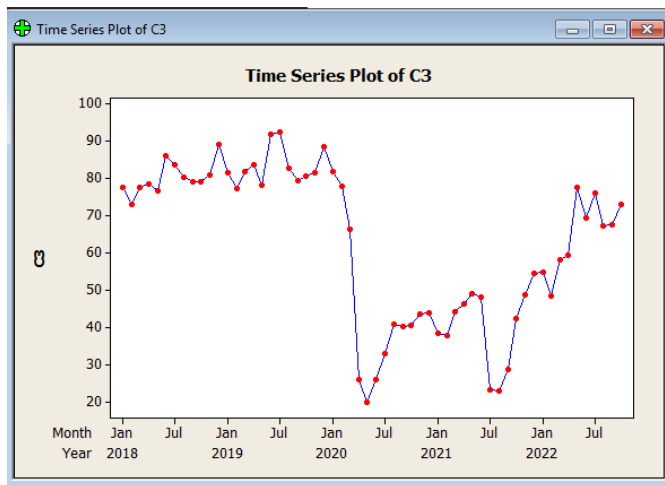
Gambar 2. Transformasi Pertama Data Jumlah Penumpang Kereta Api

Dari gambar diatas diperoleh nilai *Rounded Value* (λ) sebesar 0,50. Dari nilai *Rounded Value* (λ) tersebut dapat disimpulkan bahwa data belum stasioner terhadap variansi. Karena data belum stasioner terhadap variansi maka dilakukan transformasi *Box-Cox*. Berikut hasil transformasi *Box-Cox*.



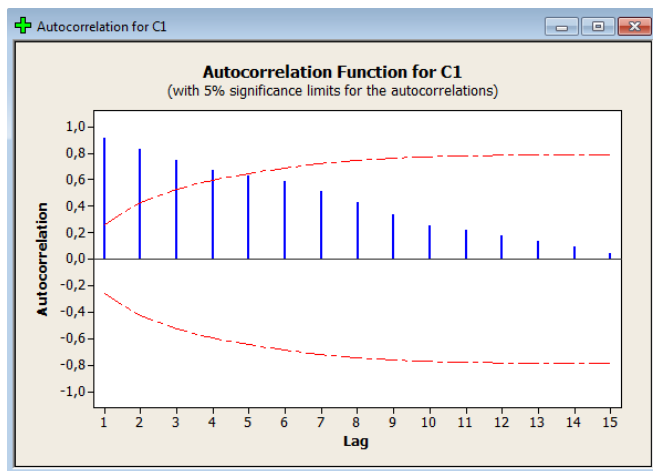
Gambar 3. Transformasi Kedua Data Jumlah Penumpang Kereta Api

Dari gambar diatas diperoleh nilai *Rounded Value* yaitu sebesar 1,00. Ini menunjukkan bahwa data sudah stasioner terhadap varians. Berikut ditampilkan plot data yang sudah dilakukan uji stasioner terhadap varians.



Gambar 4. Plot data yang sudah stasioner terhadap varians

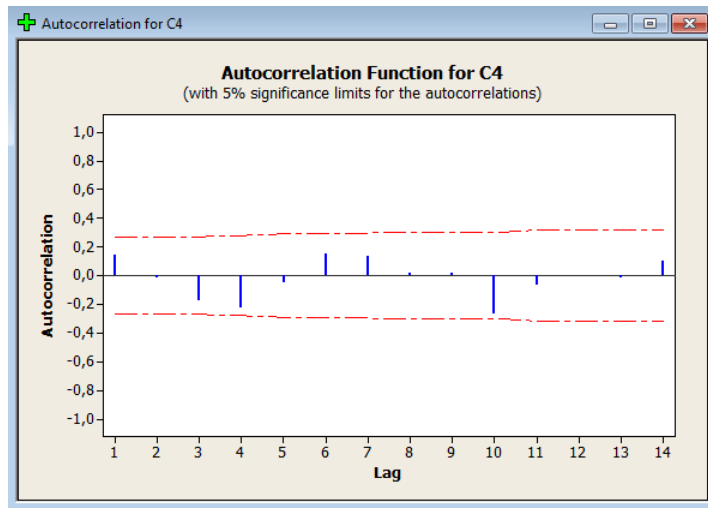
Selanjutnya data diuji stasioner terhadap rata-rata. Pengujian stasioner terhadap rata-rata dapat dilakukan dengan plot ACF. Hipotesis untuk penelitian uji stasioner ini yaitu jika tiga lag pertama masuk kedalam selang kepercayaan maka data dapat dikatakan sudah stasioner terhadap rata-rata. Namun sebaliknya, jika tiga lag pertama data keluar dari selang kepercayaan maka data belum dapat dikatakan stasioner terhadap rata-rata. Jika data tidak stasioner terhadap rata-rata maka perlu dilakukan *Differencing*. Hasil plot ACF dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5. Plot ACF Musiman Data Penumpang Kereta

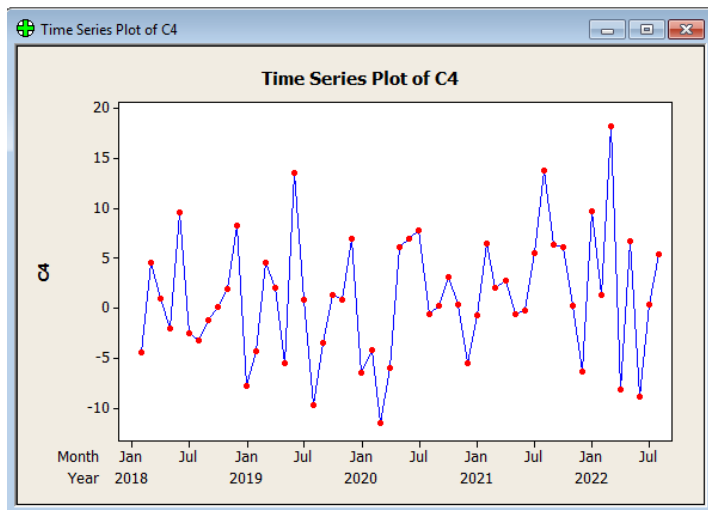
Dari gambar diatas dapat dilihat tiga lag pertama tidak terdapat didalam selang kepercayaan, maka dapat disimpulkan bahwa data belum stasioner terhadap rata-rata (*Means*). Oleh karena itu dilakukan *Differencing* pada data.

Hasil *Differencing* data diatas yaitu pada gambar berikut.



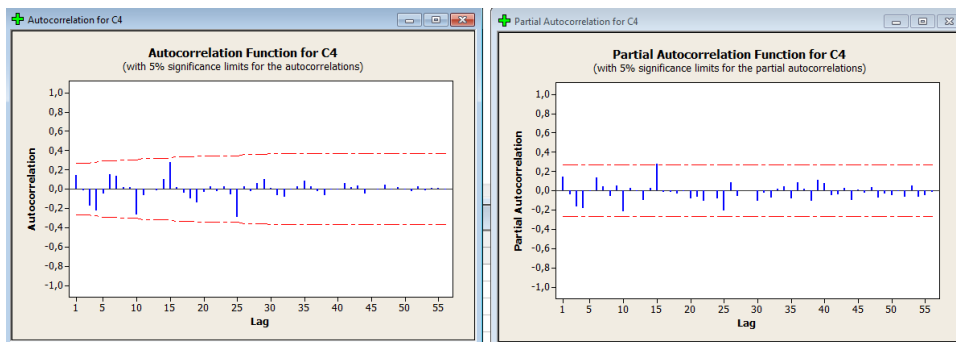
Gambar 6. *Differencing* Data Jumlah Penumpang Kereta Api

Dilihat pada gambar diatas bahwa tiga lag pertama sudah didalam selang kepercayaan, oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa data sudah stasioner terhadap rata-rata. Berikut adalah plot data yang sudah stasioner terhadap varians dan rata-rata.



Gambar 7. Plot Data yang Sudah Stasioner terhadap varians dan rata-rata

Setelah uji stasioner data lalu dilakukan identifikasi model ARIMA dengan melihat plot ACF dan PACF. Berikut hasil plot ACF dan PACF untuk data jumlah penumpang kereta api.



Gambar 8. Plot ACF dan PACF Jumlah Penumpang Kereta Api

Dari plot ACF dan PACF diatas dipilih beberapa alternatif model, lalu dilakukan pemilihan model berdasarkan MSE terkecil. MSE didapatkan dari nilai prediksi dikurangi nilai aktual lalu hasilnya dibagi dengan jumlah data. MSE terpilih yaitu MSE terkecil yang didapatkan dari beberapa percobaan. MSE terkecil yang diperoleh yaitu sebesar 119,17. Model yang dipilih yaitu SARIMA (1,0,1)(1,1,0)¹². Untuk melakukan analisis lebih lanjut terkait dengan model yang signifikan maka hipotesis yang diusulkan adalah:

H₀ : Estimasi Parameter Model ARIMA(1,0,1)(1,1,0)¹² tidak signifikan

H₁ : Estimasi Parameter Model ARIMA(1,0,1)(1,1,0)¹² signifikan

Adapun statistik uji yang digunakan adalah jika nilai signifikansi atau *p-value* lebih besar nol maka hipotesis nol diterima. Untuk kondisi yang lainnya H₀ ditolak. Berikut merupakan hasil pengolahan plot ACF dan PACF.

Tabel 1. Estimasi Parameter Model SARIMA(1,0,1)(1,1,0)¹²

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	0,9016	0,0802	11,24	0,000
AR 12	-0,6550	0,1586	-4,13	0,000
MA 1	-0,3355	0,1570	-2,14	0,039
Constant	-0,395	2,252	-0,18	0,861

Berdasarkan tabel 1, diperoleh nilai *p-value* dari setiap parameter kurang dari $\alpha = (0,05)$. Ini berarti H₀ ditolak sehingga model (1,0,1)(1,1,0)¹² signifikan. Selanjutnya dilakukan uji diagnostik untuk mengetahui apakah residual bersifat *white noise* atau tidak, dengan hipotesis penelitian sebagai berikut:

H₀ : Residual tidak bersifat *white noise*

H₁ : Residual bersifat *white noise*

Adapun statistik uji yang digunakan adalah jika nilai signifikansi atau *p-value* lebih besar nol maka hipotesis nol diterima. Untuk kondisi yang lainnya H₀ ditolak. Berikut hasil uji diagnostik.

Tabel 2. Chi Square

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic				
Lag	12	24	36	48
Chi-Square	8,7	18,6	30,5	*
DF	8	20	32	*
P-Value	0,372	0,549	0,544	*

Berdasarkan hasil uji diagnostik diatas, nilai *p-value* pada semua lag lebih dari $\alpha(0,05)$ artinya H_0 diterima sehingga residual bersifat *white noise* dan model SARIMA(1,0,1)(1,1,0)¹² dapat digunakan. Setelah uji kelayakan pada model yang diperoleh, maka selanjutnya dapat melakukan peramalan dari model tersebut. Model yang didapat adalah ARIMA(1,0,1)(1,1,0)¹², dengan nilai $MSE = 119,17$. Berikut persamaan model yang diperoleh:

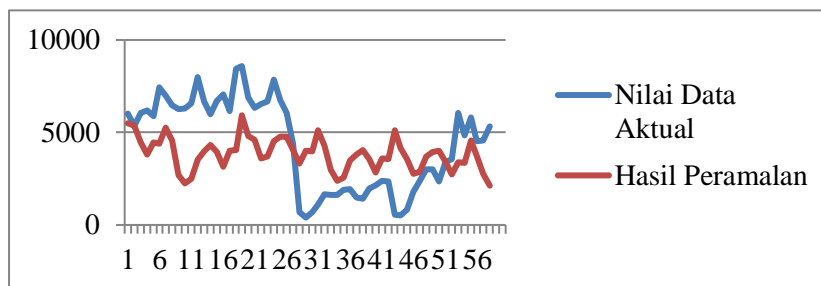
$$\begin{aligned}
 (1 - \phi_1 B)(1 - \Phi B^{12})(1 - B^{12})X_t &= \mu + (1 + \Theta_1 B^{12})\varepsilon_t \\
 (1 - B^{12} - \Phi B^{12} + \Phi B^{24} - \phi_1 B + \phi_1 B^{13} + \Phi \phi_1 B^{13})X_t &= \mu + \varepsilon_t + \Theta_1 \varepsilon_{t-12} \\
 X_t = \mu + X_{t-12} + \Phi X_{t-12} - \Phi X_{t-24} + \phi_1 X_{t-1} - \phi_1 X_{t-13} - \Phi \phi_1 X_{t-13} + \Theta_1 \varepsilon_{t-12} + \varepsilon_t \\
 X_t = 0,9016 + X_{t-12} - 0,6550X_{t-12} - 0,6550X_{t-24} - 0,3355X_{t-1} - 0,3355X_{t-13} + 0,2197525X_{t-13} \\
 - 0,395\varepsilon_{t-12} + \varepsilon_t
 \end{aligned}$$

Berikut adalah penelitian hasil peramalan jumlah penumpang KA Eksekutif di Pulau Jawa menggunakan model SARIMA. Model SARIMA yang didapatkan yaitu SARIMA(1,0,1)(1,1,0)¹² dengan hasil peramalannya yang akan ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 3. Hasil Peramalan Jumlah Penumpang KA Eksekutif di Pulau Jawa

Tahun	Bulan	Periode	Hasil Peramalan
2023	Januari	59	5506
	Februari	60	5371
	Maret	61	4470
	April	62	3790
	Mei	63	4457
	Juni	64	4408
	Juli	65	5258
	Agustus	66	4561
	September	67	2693
	Oktober	68	2233
	Nopember	69	2472
	Desember	70	3531

Dari tabel di atas, dapat dilihat jumlah penumpang untuk tahun 2023. Pada bulan Januari jumlah penumpang mencapai 5.506 jiwa, ini merupakan jumlah penumpang tertinggi, sedangkan bisa dilihat pada bulan Oktober jumlah penumpang hanya mencapai 2.233 jiwa. Pada bulan Oktober ini tidak ada perayaan khusus ataupun libur semesteran, sehingga jumlah penumpangnya paling sedikit. Lalu bisa dilihat pada bulan Maret jumlah penumpang mencapai 4.470 jiwa ini adalah bulan dimana mendekati hari raya Idul Fitri. Berikut akan ditampilkan grafik data aktual dan data hasil peramalan.



Gambar 9. Grafik Data Aktual dan Data Hasil Peramalan

Dari grafik diatas dapat dilihat adanya perbedaan pola antara data aktual dan data hasil peramalan, untuk data aktual sendiri jumlah penumpang dipengaruhi oleh beberapa faktor. Salah satunya yaitu adanya pandemi, pandemi sangat mempengaruhi jumlah penumpang. Sedangkan untuk data ramalan, tidak terdapat penurunan yang sangat signifikan. Karena ramalan ini belum dipengaruhi oleh faktor pandemi.

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

Model SARIMA yang diperoleh yaitu SARIMA(1,0,1)(1,1,0)¹², hasil peramalan jumlah penumpang KA Eksekutif di Pulau Jawa pada bulan Maret mendekati Hari Raya Idul Fitri yaitu sebanyak 4470 jiwa.

Hasil peramalan jumlah penumpang KA Eksekutif di Pulau Jawa paling banyak yaitu ketika bulan Januari sebanyak 5506 jiwa, sedangkan paling sedikit ada pada bulan Oktober sebanyak 2233 jiwa.

Daftar Pustaka

- [1] Hayati, N. Debararaja, and S. Martha, "Prediksi Data Jumlah Penumpang Kereta dengan Efek Variasi Kalender pada Model SARIMAX," 2021.
- [2] P. Hendikawati, *Peramalan Data Runtun Waktu Metode dan Aplikasinya dengan Minitab dan Eviews*. Semarang: FMIPA Unnes, 2015.
- [3] Mulyana, *Analisis Data Deret Waktu*. Bandung: Universitas Padjajaran, 2004.
- [4] Adi, *Prediksi Jumlah Wisatawan Dalam Negeri Yang Datang Ke Hotel Di Daerah Istimewa Yogyakarta*. Yogyakarta, 2007.
- [5] Hermanto, *Analisis Peramalan Tingkat Penjualan Motor Menggunakan Metode SARIMA Berdasarkan Pola Data Seasonality Pada PT. Lancar Sukses Mandiri*. Bina Nusantara, 2007.
- [6] Anggainsi, *Model SARIMA Dan Penerapannya*. Yogyakarta: UNY, 2009.
- [7] A. Indrawati, *Pemodelan Sarimax Variasi Liburan Dengan Deret Input Data Iklan*. Surabaya: FMIPA Universitas Brawijaya, 2017.
- [8] N. Tyas, *Penggunaan Sarimax Untuk Peramalan Jumlah Penderita DBD Di Provinsi Jawa Barat*. Bandung: FMIPA UPI, 2019.
- [9] Suyanto, *Artificial Intelligence*. Bandung: Informatika, 2007.

- [10] W. Wei, *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods*, 2nd ed. New York: Person Addison Wesley, 2006.