



Received 20th April 2020  
Accepted 09th June 2020  
Published 15th June 2020

Open Access

DOI: 10.35472/jsat.v4i1.266

## Pemodelan dan prediksi jumlah penumpang pelabuhan bakauheni selama periode tsunami Selat Sunda menggunakan autoregressive integrated moving average

Dani Al Mahkya <sup>\* a</sup>, Dian Anggraini <sup>a</sup>, Andi Fitriawati <sup>a</sup>, Radot MH Siahaan <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Program Studi Sains Aktuaria, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Indonesia 35365

\* Corresponding E-mail: [dani.almahkya@at.itera.ac.id](mailto:dani.almahkya@at.itera.ac.id)

**Abstract:** Bakauheni Port is a ferry port located in Bakauheni District, South Lampung. This port is one of the major ports located on Sumatera island connecting Sumatera and Java and is located in the Sunda Strait. The tsunami that occurred in the Sunda Strait on December 22, 2018 indirectly affected the sea crossing node, especially the Bakauheni-Merak route. This can lead to changes in time series data patterns. The phenomenon is expected to be captured through a mathematical modeling that can be used as a decision making in the future. The purpose of this study was to model and predict the number of Bakauheni port passengers during the Sunda Strait Tsunami period using the Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA). The ARIMA approach uses past information as a basis for modeling. Based on visual information on the number of Bakauheni Port passengers, there was an increase in December in general. Other information is that there are seasonal patterns that occur with a span of 7 days. This was indicated by the pattern of repeated increases in the number of passengers every Sunday. After the tsunami, the number of passengers decreased for 2 days. In the 3 days after the Tsunami or during the Christmas holiday on December 25, 2018, the number of passengers has increased again. Based on the analysis and discussion that has been done, the best time series model obtained is ARIMA([5],1,2)(2,1,0)<sub>7</sub> with a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of 9.55%.

**Keywords:** ARIMA, sunda strait, tsunami, time series

**Abstrak:** Pelabuhan Bakauheni merupakan sebuah pelabuhan penyebrangan yang terletak di Kecamatan Bakauheni, Lampung Selatan. Pelabuhan ini merupakan salah satu pelabuhan besar yang terdapat di pulau Sumatera yang menghubungkan antara Sumatera dan Jawa serta terletak di Selat Sunda. Tsunami yang terjadi di selat sunda pada 22 Desember 2018 secara tidak langsung memberikan dampak pada simpul penyeberangan laut khususnya rute Bakauheni-Merak. Hal ini dapat mengakibatkan terjadinya perubahan pola data deret waktu. Kejadian tersebut diharapkan dapat ditangkap melalui sebuah pemodelan matematika yang dapat digunakan sebagai pengambilan keputusan di masa yang akan datang. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan pemodelan serta prediksi jumlah penumpang pelabuhan Bakauheni selama periode Tsunami Selat Sunda menggunakan *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)*. Pendekatan ARIMA menggunakan informasi masa lampau sebagai dasar pemodelan. Berdasarkan informasi visual data jumlah penumpang pelabuhan bakauheni, secara umum terjadi kenaikan pada bulan Desember. Informasi lainnya adalah terdapat pola musiman yang terjadi dengan rentang waktu 7 hari. Hal ini ditunjukkan dengan adanya pola berulang kenaikan jumlah penumpang setiap hari minggu. Setelah kejadian Tsunami berlangsung, jumlah penumpang mengalami penurunan selama 2 hari. Pada 3 hari setelah Tsunami atau ketika hari libur Natal 25 Desember 2018, jumlah penumpang mengalami peningkatan kembali. Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, model deret waktu terbaik yang diperoleh adalah ARIMA([5],1,2)(2,1,0)<sub>7</sub> dengan nilai *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* sebesar 9,55%.

**Kata Kunci:** analisis deret waktu, ARIMA, selat sunda, tsunami

### Pendahuluan

Pelabuhan Bakauheni merupakan sebuah pelabuhan penyebrangan yang terletak di Kecamatan Bakauheni, Lampung Selatan. Pelabuhan ini merupakan salah satu pelabuhan besar yang terdapat di pulau Sumatera yang

menghubungkan antara Sumatera dan Jawa serta terletak di selat Sunda. Setiap harinya, ratusan perjalanan feri melayani arus penumpang maupun kendaraan dari dan ke Pulau Sumatera melalui pelabuhan Bakauheni dengan durasi rata-rata perjalanan selama dua jam [1]. Pelabuhan Bakauheni

merupakan salah satu pelabuhan yang dikelola oleh PT. Angkutan Sungai dan Perairan (PT. ASDP) Indonesia Ferry Persero.

Pulau Sumatera merupakan pulau yang sangat aktif seismisitasnya akibat eksistensi zona pertemuan lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia [2]. Pada zona ini terdapat aktivitas tektonik maupun aktivitas vulkanik. Patahan Sumatera yang disebabkan oleh aktifitas tektonik menyebabkan banyak terjadinya gempa bumi besar di wilayah Sumatera [3]. Salah satu aktivitas vulkanisme yang terjadi adalah terbentuknya gunung api Anak Krakatau. Gunung api Anak Krakatau yang terletak di Selat Sunda merupakan salah satu gunung api aktif dari 129 gunung api di Indonesia [4]. Tsunami yang terjadi karena aktivitas gunung api Anak Krakatau di selat sunda pada 22 Desember 2018 secara tidak langsung memberikan dampak pada beberapa sektor. Dampak bencana tsunami ini melanda daerah pesisir di pantai barat Provinsi Banten yaitu Kabupaten Pandeglang dan Kabupaten Serang, dan di pantai selatan Provinsi Lampung meliputi Kabupaten Lampung Selatan, Tanggamus, dan Pesawaran. Kerugian fisik akibat tsunami meliputi 681 unit rumah rusak, 69 unit hotel dan villa rusak, 420 unit perahu dan kapal rusak, 60 unit warung dan toko rusak, dan puluhan kendaraan rusak. Berdasarkan laporan Badan Nasional Penanggulangan Bencana yang dikutip .Tercatat pada 14 Januari 2019, terdapat 473 orang meninggal dunia, 31.943 orang luka-luka, 10 orang hilang, dan 16.198 orang mengungsi [5].

Faktor eksternal maupun internal dapat mengakibatkan terjadinya variasi pola data deret waktu. Pola deret waktu tersebut diharapkan dapat dianalisis melalui sebuah pemodelan matematika yang dapat digunakan sebagai pengambilan keputusan di masa depan. Salah satu metode yang dapat dilakukan untuk memodelkan serta memprediksi data deret waktu adalah *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)*. Model ARIMA dapat digunakan pada hampir semua pola data deret waktu. Pendekatan ARIMA menggunakan informasi masa lampau sebagai dasar pemodelan. Beberapa penelitian menggunakan ARIMA sebagai dasar pemodelan antara lain *Prediction of Civil Aviation Passenger Transportation Based on ARIMA Model* [6], *Forecasting Surabaya – Jakarta Train Passengers with SARIMA model* [7] dan *Modelling and Forecasting of Air Traffic Passengers of Yola International Airport* [8].

Data deret waktu jumlah penumpang penyeberangan pelabuhan bakauheni memiliki pola yang cukup bervariasi. Hal ini dijelaskan secara visual pada

**Gambar 1.** Berdasarkan hal tersebut, perlu adanya sebuah pemodelan matematika yang dapat menganalisis pola deret waktu jumlah penumpang di Pelabuhan Bakauheni. Pemodelan matematika tersebut akan digunakan untuk memperkirakan jumlah penumpang penyeberangan di masa yang akan datang. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memodelkan dan memprediksi jumlah penumpang Pelabuhan Bakauheni di sekitar periode Tsunami Selat Sunda berlangsung. Hasil pemodelan tersebut diharapkan dapat menjadi model yang dapat digunakan untuk pemodelan jumlah penumpang pelabuhan Bakauheni. Selain itu, hasil prediksi yang dihasilkan dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan manajemen pelabuhan.

## Metode

Deret waktu adalah urutan pengamatan yang biasanya diurutkan berdasarkan waktu dan beberapa diurutkan berdasarkan interval waktu [9]. Salah satu aspek penting dalam membangun sebuah model deret waktu adalah dapat memprediksi nilai deret waktu untuk masa depan [10].

Penelitian ini menggunakan data sekunder jumlah penumpang pelabuhan bakauheni yang diperoleh dari ASDP Indonesia Ferry cabang Bakauheni. Rentang waktu data yang digunakan dari 1 Oktober 2018 sampai 31 Januari 2019. Alat bantu pemodelan yang digunakan dalam penelitian ini adalah SAS University Edition.

## Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

Secara umum terdapat tiga proses dalam membangun suatu model ARIMA yaitu sebagai berikut [11]:

### 1. Identifikasi model ARIMA

Terdapat beberapa tahapan dalam melakukan proses identifikasi model deret waktu [9]. Tahap pertama adalah dengan membuat plot deret waktu dari data yang akan digunakan. Plot deret waktu yang dihasilkan akan memberikan beberapa informasi seperti ada tidaknya pola tren maupun musiman, serta kestasioneritasan data deret waktu yang digunakan. Jika data deret waktu tidak stasioner, maka proses differencing dapat dilakukan. Setelah informasi berdasarkan plot deret waktu diperoleh, tahap selanjutnya adalah menentukan *Autocorrelation Function (ACF)* dan *Partial Autocorrelation Function (PACF)* dari data deret waktu

yang digunakan. ACF dari sampel didefinisikan sebagai berikut:

$$\hat{\rho}_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Z_t - \bar{Z})(Z_{t+k} - \bar{Z})}{\sum_{t=1}^n (Z_t - \bar{Z})^2}, k = 0, 1, \dots \quad (1)$$

serta PACF sampel yang didefinisikan sebagai berikut :

$$\hat{\varphi}_{k+1, k+1} = \frac{\hat{\rho}_{k+1} - \sum_{j=1}^k \hat{\varphi}_{kj} \hat{\rho}_{k+1-j}}{1 - \sum_{j=1}^k \hat{\varphi}_{kj} \hat{\rho}_j} \quad (2)$$

$$\hat{\varphi}_{k+1, j} = \hat{\rho}_{kj} - \hat{\varphi}_{k+1, k+1} \hat{\varphi}_{k, k+1-j} \quad (3)$$

dengan

$Z_t$ : Data deret waktu

$\hat{\rho}_k$ : ACF pada lag ke- $k$

$\hat{\varphi}_{kk}$ : PACF pada lag ke- $k$

Setelah ACF dan PACF data deret waktu diketahui, tahap selanjutnya adalah menentukan model deret waktu yang sesuai dengan ketentuan yang tertera pada **Tabel 1** [9] :

**Tabel 1.** Karakteristik ACF dan PACF

Proses	ACF	PACF
AR(p)	Menurun secara eksponensial atau pola gelombang sinus	Terpotong pada lag ke p
MA(q)	Terpotong pada lag ke p	Menurun secara eksponensial atau pola gelombang sinus
ARMA(p,q)	Menurun setelah lag (q - p)	Menurun setelah lag (p - q)

## 2. Estimasi parameter

Penelitian ini menggunakan metode estimasi *Least Square*. Prinsip dasar metode *least square* adalah dengan meminimumkan Jumlah Kuadrat Galat (JKG) yang ditampilkan pada Persamaan 4 [10].

$$JKG = \sum_{t=1}^n (Z_t - \hat{Z}_t)^2 \quad (4)$$

$Z_t$  merupakan observasi aktual deret waktu dan  $\hat{Z}_t$  merupakan observasi prediksi deret waktu.

## 3. Uji signifikansi parameter

Uji signifikansi parameter digunakan untuk mengetahui apakah parameter yang telah diestimasi memiliki peranan yang signifikan terhadap model deret waktu. Uji signifikansi parameter menggunakan statistik uji  $t$

dengan hipotesis alternatif yang menyatakan bahwa parameter signifikan dalam model.

## 4. Uji diagnosa model

Tahap selanjutnya pada pemodelan deret waktu adalah melakukan pengujian asumsi. Asumsi dasar yang digunakan adalah galat  $a_t$  merupakan deret yang *White Noise*. Deret *White Noise* yaitu deret waktu yang tidak berkorelasi dengan rata-rata bernilai nol dan variansi bernilai konstan [9]. Pada uji diagnosa model, digunakan *Ljung-Box Test* dengan hipotesis nol adalah tidak terdapat autokorelasi pada deret galat  $a_t$  dengan Statistik Uji Chi-Square ( $X^2$ ) sebagai berikut :

$$Q = n(n + 2) \sum_{k=1}^K (n - k)^{-1} \hat{\rho}_k^2 \quad (5)$$

Keterangan:

$n$ : Ukuran galat yang diamati

$\hat{\rho}_k$ : ACF Galat pada lag ke- $k$

Setelah beberapa tahapan pemodelan deret waktu dilakukan, maka model ARIMA terbaik dapat diperoleh dengan persamaan umum ARIMA (p, d, q) sebagai berikut [9]:

$$(1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p)(1 - B)^d Z_t = (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q) a_t \quad (6)$$

Keterangan:

$Z_t$ : Data deret waktu

$p$ : Orde *Autoregressive*

$d$ : Orde *Differencing*

$q$ : Orde *Moving Average*

$\phi_p$ : Koefisien *Autoregressive* orde tertinggi  $p$

$\theta_q$ : Koefisien *Moving Average* orde tertinggi  $q$

$B$ : Operator *backshift*

$d$ : Orde tertinggi proses *differencing*

$a_t$ : Galat proses deret waktu

## Ukuran Ketepatan Model

Ukuran ketepatan model yang digunakan adalah *Mean Absolut Percentage Error (MAPE)* dengan persamaan sebagai berikut [12]:

$$MAPE = \sum_{t=1}^n \frac{|Z_t - \hat{Z}_t|}{Z_t} \quad (7)$$

Keterangan:

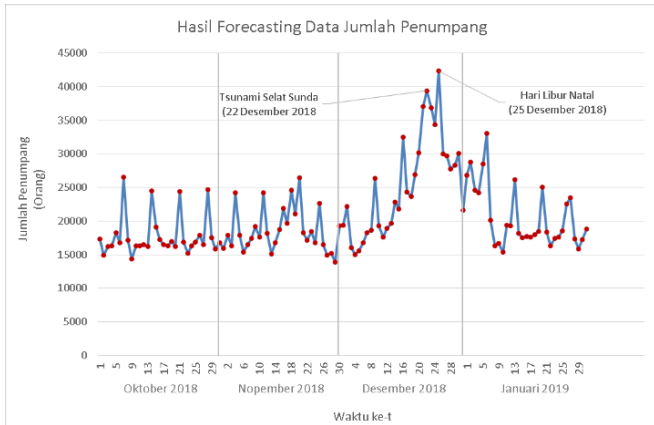
$Z_t$  : Data deret waktu;

$\hat{Z}_t$  : Data prediksi deret waktu;  
 n: Banyaknya data deret waktu

**Hasil dan Pembahasan**

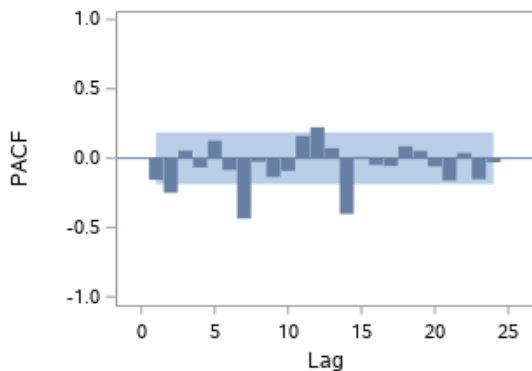
**Identifikasi Model**

Plot deret waktu jumlah penumpang pelabuhan Bakauheni dari Oktober 2018 hingga Januari 2019 ditampilkan pada **Gambar 1**.

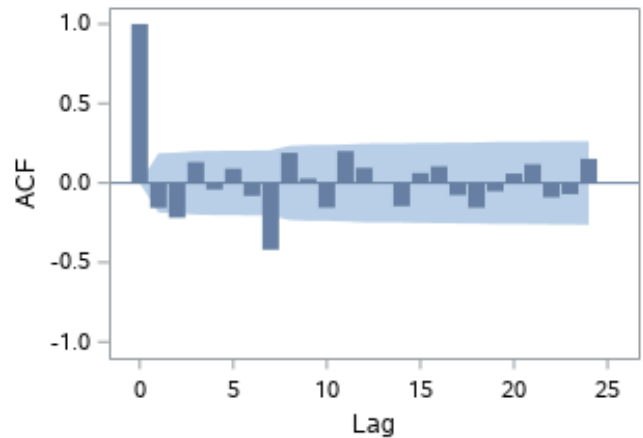


**Gambar 1.** Plot Deret Waktu Jumlah Penumpang dari Oktober 2018 sampai Januari 2019

Berdasarkan Gambar 1, jumlah penumpang mengalami peningkatan ketika memasuki bulan Desember 2018 dan puncak jumlah penumpang terjadi pada hari libur natal 2018. Jumlah penumpang penyeberangan dari pelabuhan bakauheni membentuk pola musiman setiap 7 hari. Hal ini dapat diketahui berdasarkan Gambar 1 yang menunjukkan bahwa terdapat peningkatan jumlah penumpang yang berulang setiap hari minggu. Plot ACF dan PACF dari data jumlah penumpang penyeberangan ditampilkan pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**.



**Gambar 2.** ACF Data Jumlah Penumpang Penyeberangan setelah Differencing 1 dan 7.



**Gambar 3.** PACF Data Jumlah Penumpang Penyeberangan setelah Differencing 1 dan 7.

Berdasarkan **Gambar 2** dan **Gambar 3**, terdapat beberapa dugaan awal dari model deret waktu yang mungkin terbentuk yaitu  $ARIMA(2,1,2)(2,1,1)_7$ ,  $ARIMA(2,1,2)(2,1,0)_7$ ,  $ARIMA([5],1,2)(2,1,0)_7$ , dan  $ARIMA(2,1,[5])(2,1,0)_7$ .

**Estimasi Parameter**

Berdasarkan identifikasi model, diperoleh beberapa dugaan model deret waktu. Tahap selanjutnya adalah melakukan estimasi parameter, pengujian signifikansi parameter serta pemilihan model terbaik dijelaskan pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Pemilihan model terbaik

Model	Signifikansi Parameter	MAPE
$ARIMA(2,1,2)(2,1,1)_7$	Parameter tidak Signifikan dalam Model	8,73%
$ARIMA(2,1,2)(2,1,0)_7$	Parameter tidak Signifikan dalam Model	9,49%
$ARIMA([2],1,2)(2,1,0)_7$	Parameter Signifikan dalam Model	9,55%
$ARIMA(2,1,[2])(2,1,0)_7$	Parameter Signifikan dalam Model	9,58%

Berdasarkan **Tabel 2**, diperoleh kesimpulan bahwa model terbaik yang terbentuk adalah  $ARIMA([5],1,2)(2,1,0)_7$  dengan nilai koefisien yang ditampilkan pada **Tabel 3** dan model matematis pada persamaan (8).

$$(1 + 0,93B^2)(1 + 0,81B^7 + 0,48B^{14})(1 - B)(1 - B^7)Z_t = (1 - 0,15B + 0,82B^2)a_t \tag{8}$$

Table 3. Nilai Koefisien Model Terbaik

Parameter	Koefisien	t-value	P-value
$\theta_1$	0,15	2,54	0,0125
$\theta_2$	-0,82	-9,78	<0,0001
$\phi_2$	-0,93	-16,21	<0,0001
$\theta_1$	-0,81	-8,50	<0,0001
$\theta_2$	-0,48	-5,27	<0,0001

**Uji diagnosa model**

Uji diagnosa model ARIMA digunakan untuk memastikan bahwa asumsi *white noise* pada galat terpenuhi. Hasil pengujian menggunakan *Ljung-Box Test* ditampilkan pada **Tabel 4**.

Table 4. Uji Diagnosa Model dengan *Ljung-Box Test*

Lag	Chi-Square	P-value	MAPE
6	3,12	0,0775	9,55%
12	5,36	0,6166	
18	16,79	0,2091	
24	28,08	0,0820	

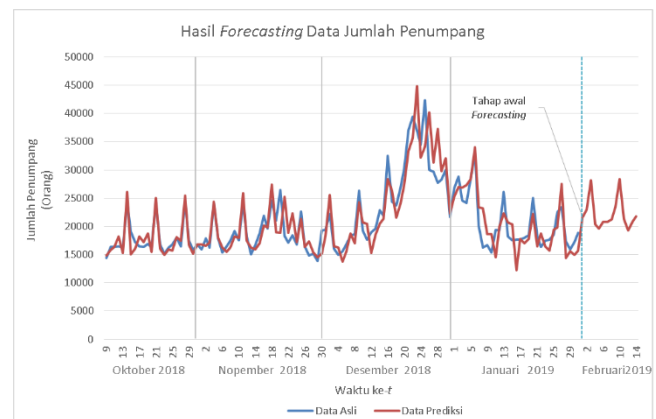
Berdasarkan Tabel 4, diperoleh kesimpulan bahwa kecukupan model pada uji diagnosa telah terpenuhi dengan nilai MAPE sebesar 9,55%. Hal ini dapat dilihat dari nilai *P-Value* yang lebih besar dari nilai  $\alpha$  yang digunakan yaitu 5% yang artinya bahwa hipotesis nol gagal ditolak.

**Forecasting**

Setelah dugaan model terbaik diperoleh, tahap selanjutnya adalah menggunakan model tersebut untuk melakukan proses *forecasting*. Proses *forecasting* ini akan menghasilkan data jumlah penumpang pada periode ke depan setelah tahap pemodelan. Hasil *forecasting* ini akan menjadi bahan pertimbangan dalam aspek pengambilan keputusan. Hasil *forecasting* untuk 14 hari ke depan menggunakan model ARIMA([5],1,2)(2,1,0)<sub>7</sub>, diperoleh hasil yang cantum pada **Gambar 4** dan **Tabel 5**.

Tabel 5. Hasil *Forecasting* 14 Hari ke Depan

Bulan	Tanggal	Prediksi Jumlah Penumpang (Orang)
Februari	1	21528
	2	23012
	3	28166
	4	20415
	5	19605
	6	20820
	7	20770
	8	21231
	9	23429
	10	28346
	11	21292
	12	19270
	13	20822
	14	21817



**Gambar 4.** Plot Deret Waktu Perbandingan Data Asli dengan Data Hasil *Forecasting*

**Kesimpulan**

Penelitian ini menggunakan pemodelan *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)*. Hasil penelitian menunjukkan model yang terbaik adalah ARIMA([5],1,2)(2,1,0)<sub>7</sub> dengan nilai MAPE sebesar 9,55%. Model ARIMA([5],1,2)(2,1,0)<sub>7</sub> memberikan hasil prediksi yang hampir menyerupai pola data asli pada rentang periode Oktober 2018 sampai Januari 2019. Sedangkan untuk hasil prediksi 14 periode ke depan,

pola yang terbentuk hampir sama dengan data pemodelan yaitu pola konstan dan musiman setiap 7 hari. Diharapkan hasil prediksi pada periode ke depan dapat dimanfaatkan sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan maupun perencanaan.

### Konflik Kepentingan

Dengan ini penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan dalam penelitian ini.

### Penghargaan

Penelitian ini dilakukan dengan dukungan dari Institut Teknologi Sumatera melalui hibah penelitian ITERA Smart 2019 dengan Kontrak Nomor B / 308 / IT9.C1 / PT.01.03 / 2019. Penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian, Pengabdian Masyarakat, dan Penjaminan Mutu (LPPM) ITERA serta ASDP Indonesia Ferry cabang Bakauheni atas nama Bapak Ahmad Budiono sebagai Narasumber Data Penelitian.

### Pustaka

- [1] Listantari, "Evaluasi Pelayanan Angkutan Lanjutan di Pelabuhan Penyeberangan Merak," *Jurnal Penelitian Transportasi Multimedia*, vol. 14, pp. 84-94, 2016.
- [2] Akmam, "Subduksi Lempeng Indo-Australia pada Lempeng Eurasia di Pantai Barat Sumatera Barat," *Jurnal Saintek*, vol. 3, no. 1, pp. 52-59, 2011.
- [3] S. M. Alif and A. Pratama, "Analysis of Southern Segment of Sumatran Fault Monitoring Bench Mark as Preliminary Approach in Updating Earthquake Hazard Map," in *Journal of Science and Applicative Technology in ICOSITER 2018*, 2018.
- [4] I. S. Sutawidjaja, "Pertumbuhan Gunung Api Anak Krakatau setelah Letusan Katastrosis 1883," *Jurnal Geologi Indonesia*, vol. 1, no. 3, pp. 143-153, 2006.
- [5] P. D. I. d. Humas, "BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana)," 14 02 2019. [Online]. Available: <https://bnpb.go.id/berita/tsunami-selat-sunda>. [Accessed 3 Juny 2020].
- [6] X. Tang and G. Deng, "Prediction of Civil Aviation Passenger Transportation Based on ARIMA Model," *Open Journal of Statistics*, vol. 6, pp. 824-834, 2016.
- [7] S. W. Astuti and Jamaludin, "Forecasting Surabaya – Jakarta Train Passengers with SARIMA model," *IOP Conference Series*, vol. 407, 2018.
- [8] F. S. Gaya, Mbaga and Y. Vandi, "Modelling and Forecasting of Air Traffic Passengers of Yola International Airport," *Journal of Scientific and Engineering Research*, vol. 5, pp. 155-161, 2019.
- [9] W. W. S. Wei, *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Method*, New York: Pearson Education, 2006.
- [10] J. D. C. a. K. Chan, *Time Series Analysis with Applications in R*, Iowa City: Springer, 2008.
- [11] D. C. Montgomery, C. Jennings and M. Kulachi, *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*, New Jersey: Willey, 2008.
- [12] S. Makridakis, S. C. Wheelright and V. E. McGee, *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Bahasa Indonesia, Jakarta: Erlangga, 1999.