



PERBANDINGAN MODEL SARIMA DAN INTERVENSI DALAM PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG DOMESTIK DI BANDARA INTERNASIONAL SOEKARNO-HATTA

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penerapan ilmu pengetahuan, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

ANISTIA ISWARI



**DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2021**



IPB University

@Hak cipta milik IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Perbandingan Model SARIMA dan Intervensi dalam Peramalan Jumlah Penumpang Domestik di Bandara Internasional Soekarno-Hatta” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Desember 2021

Anistia Iswari
G14170033



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritis atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

ABSTRAK

ANISTIA ISWARI. Perbandingan Model SARIMA dan Intervensi dalam Peramalan Jumlah Penumpang Domestik di Bandara Internasional Soekarno-Hatta. Dibimbing oleh YENNI ANGRAINI dan MOHAMMAD MASJKUR.

Pandemi Covid-19 membawa dampak yang cukup besar pada sektor transportasi udara. Bandara Internasional Soekarno-Hatta (Soetta) mengalami penurunan jumlah penumpang akibat pandemi Covid-19, meskipun demikian Bandara Soetta tetap beroperasi normal. Peramalan jumlah penumpang perlu dilakukan oleh pihak Bandara untuk menentukan kebijakan yang tepat dan mempersiapkan fasilitas-fasilitas yang disediakan jika terjadi kenaikan jumlah penumpang pada masa pandemi Covid-19. Penelitian ini membandingkan model SARIMA dan intervensi dalam peramalan jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model SARIMA terbaik yaitu ARIMA(0,1,0)(1,0,0)¹² dengan MAPE dan RMSE masing-masing sebesar 55,18% dan 588887,4. Model intervensi terbaik yang diperoleh yaitu ARIMA(0,1,1)(1,0,0)¹² b = 0, s = 5, r = 1 dengan MAPE sebesar 35,25% dan RMSE sebesar 238563,4. Model intervensi lebih baik jika dibandingkan dengan model SARIMA dalam melakukan peramalan jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta berdasarkan nilai MAPE dan RMSE yang diperoleh.

Kata kunci: ARIMA, Covid-19, jumlah penumpang, intervensi

ABSTRACT

ANISTIA ISWARI. Comparison of the SARIMA Model and Intervention in Forecasting the Number of Domestic Passengers at Soekarno-Hatta International Airport. Supervised by YENNI ANGRAINI and MOHAMMAD MASJKUR.

The Covid-19 pandemic has had a significant impact on the air transportation sector. Soekarno-Hatta International Airport (Soetta) experienced a decrease in the number of passengers due to the Covid-19 pandemic, although Soetta Airport continued to operate normally. Forecasting the number of passengers needs to be done by the airport to determine the right policy. Forecasting is also necessary so that the airport can prepare the needed facilities in the event of an increase in passengers during the Covid-19 pandemic. . This study compares the SARIMA model and the intervention in forecasting the number of domestic passengers at Soetta Airport. The results showed that the best SARIMA model was ARIMA(0,1,0)(1,0,0)¹² with MAPE and RMSE of 55.18% and 588887.4, respectively. The best intervention model obtained was ARIMA(0,1 ,1)(1,0,0)¹² b = 0, s = 5, r = 1 with MAPE of 35,25% and RMSE of 238563,4. The MAPE and RMSE values obtained indicate that the intervention model is better than the SARIMA model in forecasting the number of domestic passengers at Soetta Airport during the Covid-19 pandemic.

Keywords: ARIMA, Covid-19, number of passengers, intervention



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2021¹
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



PERBANDINGAN MODEL SARIMA DAN INTERVENSI DALAM PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG DOMESTIK DI BANDARA INTERNASIONAL SOEKARNO-HATTA

ANISTIA ISWARI

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Statistika dan Sains Data

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang menyalutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.



Tim Penguji pada Ujian Skripsi:
1 Akbar Rizki, S.Stat., M.Si.

@Hak cipta milik IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Skripsi : Perbandingan Model SARIMA dan Intervensi dalam Peramalan Jumlah Penumpang Domestik di Bandara Internasional Soekarno-Hatta

Nama : Anistia Iswari
NIM : G14170033

Disetujui oleh




Pembimbing 1:
Yenni Angraini, S.Si., M.Si.

Pembimbing 2:
Ir. Mohammad Masjkur, M.S.

Diketahui oleh




Ketua Program Studi:
Dr. Anang Kurnia, S.Si., M.Si.
NIP 197308241997021001

Tanggal Ujian:
4 November 2021

Tanggal Lulus:

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah yang berjudul "Perbandingan Model SARIMA dan Intervensi dalam Peramalan Jumlah Penumpang Domestik di Bandara Internasional Soekarno-Hatta" berhasil diselesaikan.

Dalam proses pembuatan karya ilmiah ini, penulis banyak sekali mendapatkan dukungan, bimbingan, serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada lembaran ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ayah, Ibu, Kak Yank, dan seluruh keluarga besar atas segala kasih sayang, doa, dan dukungan yang diberikan kepada penulis.
 2. Ibu Yenni Angraini, S.Si., M.Si dan Bapak Ir. Mohammad Masjkur, M.S. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan arahan, nasihat, dan semangat pada proses penelitian ini.
 3. Seluruh dosen Departemen Statistika IPB atas ilmu dan nasihat yang telah diberikan.
 4. Seluruh staff Departemen Statistika IPB atas segala bantuannya.
 5. Teman-teman Statistika 54 atas kebersamaan, keceriaan, dan dukungannya kepada penulis selama bersama-sama menempuh kuliah di IPB.
 6. Seluruh pihak yang namanya tidak bisa saya sebutkan satu per satu.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Desember 2021

Anistia Iswari



	DAFTAR ISI
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
2.2 Rumusan Masalah	2
2.3 Tujuan	2
III TINJAUAN PUSTAKA	3
3.1 Analisis Deret Waktu	3
3.2 Kestasioneran	3
3.3 Model <i>Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average</i> (SARIMA)	4
3.4 <i>Overfitting</i> Model	7
3.5 Model Intervensi	7
3.6 Identifikasi Ordo Intervensi	9
3.7 Kriteria Pemilihan Model Terbaik	9
IV METODE	11
4.1 Data	11
4.2 Prosedur Analisis Data	11
V HASIL DAN PEMBAHASAN	14
5.1 Eksplorasi Data	14
5.2 Model <i>Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average</i> (SARIMA)	14
5.3 Model Intervensi	18
5.4 Peramalan	24
VI SIMPULAN DAN SARAN	27
6.1 Simpulan	27
6.2 Saran	27
DAFTAR PUSTAKA	28
LAMPIRAN	30
RIWAYAT HIDUP	34

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR TABEL

1	Transformasi Box-Cox	4
2	Pola ACF dan PACF untuk komponen nonmusiman	5
3	Pola ACF dan PACF untuk komponen musiman	5
4	Signifikansi nilai MAPE	10
5	Nilai penduga parameter model tentatif SARIMA untuk data jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta	17
6	Hasil uji Ljung-Box pada sisaan model tentatif SARIMA	17
7	Nilai penduga parameter model SARIMA hasil <i>overfitting</i> pada data jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta	18
8	Nilai penduga parameter model tentatif SARIMA pada data sebelum intervensi	19
9	Hasil uji Ljung-Box pada sisaan model SARIMA data sebelum intervensi	20
10	Nilai AIC dan BIC model SARIMA data sebelum intervensi	20
11	Nilai penduga parameter model SARIMA data sebelum intervensi hasil <i>overfitting</i>	21
12	Nilai penduga parameter model intervensi pada data jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta	22
13	Hasil uji Ljung-Box pada sisaan model intervensi data jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta	22
14	Nilai penduga parameter model intervensi hasil <i>overfitting</i> model	23
15	Hasil uji Ljung-Box pada sisaan model intervensi hasil <i>overfitting</i>	23
16	Nilai AIC dan BIC dari kandidat model intervensi pada data jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta	24
17	Hasil peramalan data uji dengan menggunakan model SARIMA dan model intervensi terbaik	25

DAFTAR GAMBAR

1	Respon peubah bebas intervensi (a) <i>abrupt permanent</i> , (b) <i>gradual permanent</i> , (c) <i>abrupt temporary</i> , dan (d) <i>gradual temporary</i>	8
2	Diagram alir pemodelan ARIMA dan intervensi	13
3	Plot data deret waktu jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta	14
4	Plot ACF dan PACF data jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta yang belum stasioner	15
5	Plot ACF dan PACF data jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta yang sudah stasioner	15
6	Plot data jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta setelah pembedaan	16
7	Plot Box-Cox data jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta	16
8	Plot data sebelum intervensi setelah pembedaan	19
9	Plot Box-Cox data sebelum intervensi	19
10	Grafik sisaan model ARIMA(0,1,1)(0,0,2) ¹²	21



11	Plot data latih dan data ramalan dengan menggunakan ARIMA(0,1,0)(1,0,0) ¹² dan (b) model ARIMA(0,1,1)(1,0,0) ¹² b = 0, s = 5, r = 1	(a) model intervensi	25
12	Plot data aktual dan data hasil peramalan model SARIMA dan intervensi		26

DAFTAR LAMPIRAN

1	Plot sebaran normal sisaan model ARIMA(0,1,0)(1,0,0) ¹²	31
2	Plot data deret waktu jumlah penumpang domestik di Bandara Internasional Soetta dari Januari 2010–Agustus 2021	31
3	Plot ACF dan PACF data sebelum intervensi	31
4	Plot ACF dan PACF data sebelum intervensi yang sudah stasioner	32
5	Plot sebaran normal sisaan model ARIMA(0,1,1)(1,0,0) ¹²	32
6	Plot sebaran normal sisaan model ARIMA(2,1,0)(1,0,0) ¹²	32
7	Plot data aktual dan plot hasil peramalan model ARIMA(0,1,1)(1,0,0) ¹²	32
8	Plot pola intervensi	33
9	Plot sebaran normal sisaan ARIMA(0,1,1)(1,0,0) ¹² b = 0, s = 5, r = 1	33
10	Plot sebaran normal sisaan ARIMA(0,1,1)(1,0,0) ¹² b = 0, s = 4, r = 1	33
11	Plot sebaran normal sisaan ARIMA(0,1,1)(1,0,0) ¹² b = 0, s = 3, r = 1	33

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang menyalin atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbaiknya sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Coronavirus disease 2019 (Covid-19) adalah penyakit baru yang disebabkan oleh *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2* (SARS-CoV-2) yang berasal dari Wuhan, Tiongkok (Kemenkes 2020). Kasus Covid-19 di Indonesia pertama kali ditemukan pada tanggal 2 Maret 2020 (Sukur *et al.* 2020). Pemerintah Indonesia mengimbau masyarakat agar mengurangi mobilitas dan kegiatan di luar rumah untuk mencegah penyebaran Covid-19. Hal tersebut membawa dampak yang cukup besar pada sektor transportasi udara. Dampak yang paling terasa adalah menurunnya jumlah penumpang di beberapa bandara di Indonesia.

Bandara Internasional Soekarno-Hatta (Soetta) sebagai bandara tersibuk di Indonesia juga terkena dampak pandemi Covid-19. Jumlah penumpang domestik yang berangkat melalui bandara Soetta mengalami penurunan yang cukup signifikan. Pada Maret 2020 jumlah penumpang domestik yang berangkat melalui Bandara Soetta menurun sebesar 21,23% jika dibandingkan pada Maret 2019 (BPS 2020), meskipun demikian Bandara Soetta tetap beroperasi normal. Oleh karena itu, penting bagi pihak Bandara untuk melakukan peramalan jumlah penumpang untuk menentukan kebijakan yang tepat dan mempersiapkan fasilitas-fasilitas yang disediakan jika terjadi kenaikan jumlah penumpang pada masa pandemi Covid-19.

Model peramalan yang digunakan untuk melakukan peramalan sesuai dengan kondisi data. Menurut Fahik dan Jatipaningrum (2021) data jumlah penumpang di Bandara Soetta mengandung pola musiman. Data yang dipengaruhi faktor musiman dapat dimodelkan dengan model SARIMA (Hyndman dan Athanasopoulos 2018). Model SARIMA menggunakan data masa lalu dan sekarang dari peubah yang akan diramalkan untuk menghasilkan peramalan jangka pendek yang akurat. Model ini mensyaratkan data deret waktu harus stasioner pada nilai rata-rata dan ragam. Data deret waktu sering ditemukan mengalami perubahan pola akibat adanya suatu intervensi. Intervensi dapat berupa suatu kejadian atau peristiwa yang diketahui waktu terjadinya. Pada data jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta periode Januari 2010–Mei 2021 terdapat suatu intervensi yaitu Covid-19 yang terjadi pada Maret 2020. Menurut Wei (2006), data deret waktu yang dipengaruhi oleh intervensi dapat dimodelkan dengan model intervensi. Pada model intervensi, kejadian intervensi diasumsikan terjadi pada waktu T yang diketahui dari suatu deret waktu (Box *et al.* 2016). Tujuan utama dari model intervensi adalah mengukur besar dan lamanya efek intervensi pada suatu deret waktu (Wei 2006).

Penelitian-penelitian sebelumnya yang meramalkan jumlah penumpang pesawat pernah dilakukan oleh Durrah *et al.* (2018) dan Sutrisno *et al.* (2021). Durrah *et al.* (2018) meramalkan jumlah penumpang pesawat di Bandara Sultan Iskandar Muda menggunakan data tahun 2010–2016 dengan model SARIMA. Sutrisno *et al.* (2021) meramalkan jumlah penumpang domestik di Bandara Sultan Hasanudin menggunakan data tahun 2006–2018 dengan model intervensi. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan peramalan jumlah penumpang



2

2.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah membuat model terbaik SARIMA dan intervensi pada data jumlah penumpang domestik di Bandara Internasional Soekarno-Hatta, kemudian membandingkan model terbaik SARIMA dan intervensi dalam peramalan data jumlah penumpang domestik di Bandara Internasional Soekarno-Hatta. Penelitian ini diharapkan dapat menambah referensi terapan mengenai analisis data deret waktu menggunakan model SARIMA dan intervensi serta dapat menjadi referensi untuk penelitian di bidang peramalan khususnya pada data yang terkena dampak pandemi Covid-19.

2.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana membuat model terbaik SARIMA dan intervensi pada data jumlah penumpang domestik di Bandara Internasional Soekarno-Hatta dan dari kedua model tersebut manakah model terbaik untuk peramalan jumlah penumpang domestik di Bandara Internasional Soekarno-Hatta?

III TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Analisis Deret Waktu

Data deret waktu adalah data yang diamati secara periodik berdasarkan urutan waktu, seperti hari, minggu, bulan, kuartal, tahun, dan sebagainya. Analisis deret waktu dapat digunakan untuk meramalkan masa depan berdasarkan data masa lalu dari suatu peubah (Hyndman dan Athanasopoulos 2014). Langkah penting dalam analisis deret waktu adalah menemukan pola data deret waktu untuk menentukan metode yang paling tepat untuk memodelkan data tersebut. Menurut Hanke dan Wichern (2014) terdapat empat macam pola data deret waktu yaitu:

- Pola horizontal terjadi apabila data berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata yang konstan.
- Pola *trend* terjadi jika data mengalami kenaikan atau penurunan dalam jangka waktu yang cukup panjang.
- Pola musiman terjadi jika data mempunyai pola yang sama secara berulang dengan interval waktu yang sama dari periode ke periode berikutnya akibat faktor musiman.
- Pola siklik terjadi apabila datanya dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang. Pola siklik hampir sama dengan pola musiman, namun pada pola siklik interval pengulangan polanya tidak konstan.

3.2 Kestasioneran

Suatu data dikatakan stasioner apabila data bergerak horizontal di sekitar nilai tengah dan ragam yang relatif konstan untuk seluruh periode waktu. Kestasioneran data yang tidak terpenuhi akan mengakibatkan kurang baiknya model yang diestimasi. Kestasioneran data dibagi menjadi dua, yaitu stasioner dalam rataan dan ragam. Pemeriksaan kestasioneran dalam rataan secara eksplorasi dapat dilihat dari plot *Autocorrelation Function* (ACF), jika plot ACF cenderung turun secara lambat maka dapat disimpulkan data belum stasioner dalam rataan (Montgomery *et al.* 2008). Pemeriksaan kestasioneran dalam rataan juga dapat dilakukan dengan uji formal yaitu menggunakan uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF). Persamaan uji ADF dapat dituliskan sebagai berikut (Gujarati 2003):

$$\Delta Y_t = b_0 + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta Y_{t-i} + e_t \quad (1)$$

Keterangan:

ΔY_t : $Y_t - Y_{t-1}$

Y_{t-1} : pengamatan pada waktu ke- $(t-1)$

b_0 : konstanta

γ : koefisien dari Y_{t-1}

p : panjang ordo AR

e_t : sisaan pada waktu ke- t dengan asumsi $e_t \sim N(0, \sigma^2)$

Hipotesis dalam uji ADF yaitu:

H_0 : $\gamma = 0$ (data tidak stasioner)

H_1 : $\gamma < 0$ (data stasioner)

Statistik uji yang digunakan adalah *t test* (Agresti *et al.* 2018):

$$t_{hit} = \frac{\hat{\gamma}}{sd(\hat{\gamma})} \quad (2)$$

Keterangan:

$\hat{\gamma}$: penduga kuadrat terkecil bagi γ pada persamaan (1)

$sd(\hat{\gamma})$: standar deviasi dari $\hat{\gamma}$

Kriteria pengambilan keputusan uji ADF adalah tolak H_0 apabila t_{hit} lebih besar dari nilai kritis statistik-t atau apabila *p-value* lebih kecil dari taraf nyata *alpha* (α), yang artinya data stasioner dalam rataan. Data yang tidak stasioner dalam rataan dapat diatasi dengan menggunakan metode pembedaan (*differencing*) pada ordo tertentu (Wei 2006). Metode pembedaan dilakukan dengan cara mengurangi nilai amatan pada waktu ke- t dengan nilai amatan pada waktu sebelumnya untuk membentuk data baru yang stasioner. Secara umum proses pembedaan dituliskan sebagai berikut:

$$Y_t^d = Y_t - Y_{t-d} \quad (3)$$

$$Y_t^d = (1 - B)^d Y_t \quad (4)$$

Keterangan:

Y_t : data pada waktu ke- t

d : ordo pembedaan

B : operator penggeser mundur (*backshift*)

Pemeriksaan kestasioneran dalam ragam dapat dilakukan dengan menggunakan plot Box-Cox. Data dikatakan stasioner dalam ragam jika nilai *lambda* (λ) mendekati nilai satu atau antara batas atas dan bawah λ dari plot Box-Cox mengandung nilai satu. Data yang tidak stasioner dalam ragam dapat diatasi dengan metode transformasi Box-Cox (Wei 2006). Bentuk transformasi Box-Cox untuk beberapa nilai estimasi λ yang sering digunakan dapat dilihat pada Tabel 1. Transformasi untuk λ sama dengan 1,0 akan menghasilkan data itu sendiri atau tidak terjadi transformasi.

Tabel 1 Transformasi Box-Cox

Lambda (λ)	Transformasi (Y_t^*)
-1,0	$1/Y_t$
-0,5	$1/\sqrt{Y_t}$
0,0	$\ln Y_t$
0,5	$\sqrt{Y_t}$
1,0	Y_t

3.3 Model Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA)

Model *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA) merupakan pengembangan dari model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dan digunakan untuk memprediksi data deret waktu yang memiliki pola musiman. Notasi umum dari model SARIMA adalah ARIMA(p,d,q)(P,D,Q)^s yang didefinisikan sebagai berikut (Wei 2006):

$$\Phi_P(B^s)\emptyset_p(B)(1-B)^d(1-B^s)^D Y_t = \theta_q(B) Q(B^s)e_t \quad (5)$$

Keterangan:

$\emptyset_p(B)$: $(1 - \emptyset_1B - \dots - \emptyset_pB^p)$, operator AR(p)
$\theta_q(B)$: $(1 - \theta_1B - \dots - \emptyset_qB^q)$, operator MA(q)
$\Phi_P(B^s)$: $(1 - \Phi_1B^s - \dots - \Phi_PB^{Ps})$, operator Seasonal AR(P)
$Q(B^s)$: $(1 - Q_1B^s - \dots - Q_B^{Qs})$, operator Seasonal MA(Q)
$(1 - B)^d$: pembedaan nonmusiman
$(1 - B^s)^D$: pembedaan musiman
Y_t	: data pada waktu ke- t
(p, d, q)	: ordo bagian nonmusiman dari model
(P, D, Q)	: ordo bagian musiman dari model
s	: jumlah periode per musim
e_t	: sisaan pada waktu ke- t
B	: operator penggeser mundur (<i>backshift</i>)

Tahap pembentukan model SARIMA dengan pendekatan metode Box-Jenkins sebagai berikut:

1. Identifikasi Model

Identifikasi model SARIMA dilakukan dengan menentukan ordo bagian nonmusiman dan musiman. Penentuan ordo model SARIMA didasarkan pada plot *Autocorrelation Function* (ACF) dan *Partial Autocorrelation Function* (PACF) dari data yang telah stasioner (Wei 2006). Plot ACF dan PACF memiliki dua kemungkinan pola, yaitu pola menurun secara drastis menuju nol (*cuts off*) dan menurun secara perlahan (*tails off*). Identifikasi model SARIMA dengan menggunakan plot ACF dan PACF dapat mengikuti ketentuan seperti yang tertera pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2 Pola ACF dan PACF untuk komponen nonmusiman

Model	ACF	PACF
AR(p)	<i>Tails off</i>	<i>Cuts off</i> setelah lag ke- p
MA(q)	<i>Cuts off</i> setelah lag ke- q	<i>Tails off</i>
ARMA(p, q)	<i>Tails off</i>	<i>Tails off</i>
ARIMA(p, d, q)	<i>Tails off</i> disertai proses pembedaan	<i>Tails off</i> disertai proses pembedaan

Tabel 3 Pola ACF dan PACF untuk komponen musiman

Model	ACF	PACF
AR(P)	<i>Tails off</i>	<i>Cuts off</i> setelah lag ke- P
MA(Q)	<i>Cuts off</i> setelah lag ke- Q	<i>Tails off</i>
ARMA(P, Q)	<i>Tails off</i>	<i>Tails off</i>
ARIMA(P, D, Q)	<i>Tails off</i> disertai proses pembedaan unsur musiman	<i>Tails off</i> disertai proses pembedaan unsur musiman

2. Pendugaan Parameter

Pendugaan parameter model merupakan suatu proses perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan koefisien model. Terdapat beberapa metode yang

Sering digunakan untuk melakukan pendugaan parameter, yaitu metode momen, kuadrat terkecil, dan kemungkinan maksimum (Cryer dan Chan 2008). Metode pendugaan parameter digunakan pada penelitian ini adalah metode kemungkinan maksimum. Metode tersebut mencari penduga parameter yang dapat memaksimumkan fungsi kemungkinan dari model yang diperoleh pada tahapan identifikasi.

3. Diagnostik Model

Pemeriksaan diagnostik model dilakukan untuk melihat kelayakan model yang sudah diidentifikasi. Diagnostik model berupa pengujian asumsi sisaan. Model dikatakan layak apabila memenuhi asumsi, sehingga jika model tidak memenuhi asumsi maka akan dilakukan identifikasi model kembali. Pengujian diagnostik model meliputi uji kebebasan dan kenormalan sisaan.

a. Uji kebebasan sisaan

Uji kebebasan sisaan secara eksplorasi dapat dilihat dari plot ACF dan PACF sisaan pada model. Sisaan dikatakan tidak terdapat autokorelasi apabila tidak ada *lag* sisaan yang melebihi batas signifikansi plot ACF dan PACF sisaan (Hyndman dan Athanasopoulos 2018). Pengujian kebebasan sisaan juga dapat dilakukan dengan uji formal yaitu menggunakan statistik uji Ljung-Box. Hipotesis uji Ljung-Box yaitu:

H_0 : tidak terdapat autokorelasi pada sisaan

H_1 : terdapat autokorelasi pada sisaan

Statistik uji (Montgomery *et al.* 2015):

$$Q = n(n + 2) \sum_{k=1}^K \frac{r_{ek}^2}{n - k} \quad (6)$$

Keterangan:

n : banyaknya data

K : *lag* maksimum

k : *lag* ke- k

r_{ek}^2 : koefisien autokorelasi sisaan pada *lag* ke- k

Kriteria pengambilan keputusan adalah tak tolak H_0 apabila nilai Q lebih kecil dari nilai $\chi^2_{\alpha, df=k-p-q}$ atau *p-value* lebih besar dari nilai α , artinya tidak terdapat autokorelasi sisaan.

b. Uji kenormalan sisaan

Kenormalan sisaan dapat diperiksa secara eksplorasi dengan menggunakan plot kuantil-kuantil (plot Q-Q). Sisaan berdistribusi normal apabila sebaran sisaan mengikuti garis referensi distribusi normal. Uji kenormalan sisaan juga dapat dilakukan dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov (Daniel 1989). Hipotesis uji Kolmogorov-Smirnov sebagai berikut:

H_0 : sisaan berdistribusi normal

H_1 : sisaan tidak berdistribusi normal

Statistik Uji:

$$D = \sup_x |F(x) - F_0(x)| \quad (7)$$

Keterangan:

$F(x)$: fungsi peluang kumulatif yang dihitung dari data sampel

$F_0(x)$: fungsi peluang kumulatif dari distribusi normal



Kriteria keputusan adalah tak tolak H_0 jika nilai D lebih kecil dari nilai statistik Kolmogorov-Smirnov atau $p\text{-value}$ lebih besar dari α , artinya sisaan berdistribusi normal.

3.4 Overfitting Model

Overfitting dilakukan untuk membuka peluang adanya model yang lebih baik dibandingkan dengan model hasil identifikasi. *Overfitting* model SARIMA dilakukan dengan cara menambah orde p , q , P , dan Q dari model awal secara bergantian, jika model awal hasil identifikasi yang diperoleh ARIMA(p,d,q)(P,D,Q) maka model hasil *overfitting*, yaitu ARIMA($p+1,d,q$)(P,D,Q), ARIMA($p,d,q+1$)(P,D,Q), ARIMA(p,d,q)($P+1,D,Q$), ARIMA(p,d,q)($P,D,Q+1$) demikian seterusnya. Model hasil *overfitting* yang dipilih adalah model yang seluruh penduga parameternya signifikan dan memenuhi asumsi sisaan (Cryer dan Chan 2008).

3.5 Model Intervensi

Model intervensi merupakan model yang banyak digunakan untuk memodelkan data deret waktu yang dipengaruhi oleh suatu kejadian baik internal maupun eksternal sehingga menyebabkan terjadinya perubahan pola data. Model intervensi dapat digunakan apabila waktu terjadinya kejadian diketahui. Model intervensi adalah gabungan dari model SARIMA dan fungsi dari suatu peubah bebas. Bentuk umum dari model intervensi adalah (Wei 2006):

$$Z_t = f(\beta, I_t) + Y_t \quad (8)$$

Keterangan:

- Z_t : peubah respon pada waktu ke- t
- $f(\beta, I_t)$: fungsi peubah intervensi
- Y_t : model SARIMA data sebelum intervensi

Fungsi peubah intervensi ($f(\beta, I_t)$) menjelaskan besar dan lamanya pengaruh intervensi terhadap data deret waktu. Fungsi peubah intervensi secara umum didefinisikan sebagai berikut:

$$f(\beta, I) = \frac{\omega_s(B)}{t} B^b I \quad (9)$$

Keterangan:

- $\omega_s(B)$: $(\omega_0 - \omega_1 B - \omega_2 B^2 - \dots - \omega_s B^s)$, operator ordo s
- $\delta_r(B)$: $(1 - \delta_1 B - B^2 - \dots - \delta_r B^r)$, operator ordo r
- I_t : peubah intervensi.
- b, s, r : ordo intervensi

Intervensi ada dua macam, yaitu intervensi fungsi *pulse* dan *step* (Wei 2006). Intervensi fungsi *pulse* adalah bentuk intervensi yang terjadinya hanya dalam suatu waktu tertentu. Peubah intervensi fungsi *pulse* dinotasikan sebagai berikut (Yaffee dan McGee 2000):

$$I_t = P_t^{(T)} = \begin{cases} 0, & t \leq T \\ 1, & t = T \end{cases} \quad (10)$$

Intervensi fungsi *step* adalah intervensi yang terjadinya dalam kurun waktu yang panjang. Intervensi yang akan dibahas pada penelitian ini adalah intervensi fungsi *step*. Peubah intervensi fungsi *step* dinotasikan sebagai berikut:

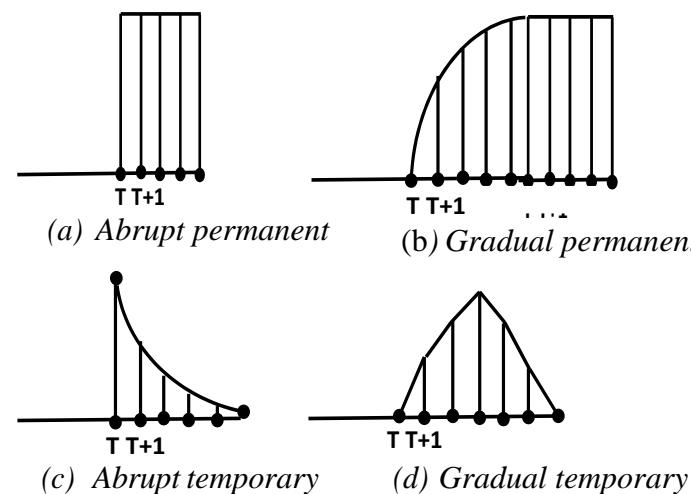
$$I_t = S_t^{(T)} = \begin{cases} 0, & t < T \\ 1, & t \geq T \end{cases} \quad (11)$$

Dengan T merupakan waktu mulai terjadinya intervensi. Persamaan model intervensi fungsi *step* berdasarkan persamaan (8), (9), dan (11) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Z_t = \frac{\omega_s(B)}{\delta_r(B)} B^b S_t^{(T)} + Y_t \quad (12)$$

Menurut Yaffee dan McGee (2000), respon yang dapat terjadi terhadap data deret waktu yang dipengaruhi intervensi yaitu :

- Abrupt permanent*, yaitu perubahan data deret waktu terjadi secara langsung (*abrupt*) dan bersifat permanen.
- Gradual permanent*, yaitu perubahan terjadi secara perlahan (*gradual*) dan bersifat permanen.
- Abrupt temporary*, yaitu perubahan terjadi secara langsung (*abrupt*) namun perubahan bersifat sementara (*temporary*).
- Gradual temporary*, yaitu perubahan terjadi secara perlahan (*gradual*) namun bersifat sementara (*temporary*).



Gambar 1 Respon peubah bebas intervensi (a) *abrupt permanent*, (b) *gradual permanent*, (c) *abrupt temporary*, dan (d) *gradual temporary*

Tahap pembentukan model intervensi adalah sebagai berikut (Sari *et al.* 2016):

1. Membagi data

Data deret waktu dibagi menjadi dua, yaitu data sebelum intervensi dan data saat intervensi. Intervensi yang terjadi pada waktu ke-T, data sebelum intervensinya dimulai dari waktu ke 1 sampai $T-1$ dan data saat intervensi dimulai dari terjadinya intervensi (T) sampai data terakhir.

2. Pemodelan SARIMA data sebelum intervensi

Pemodelan SARIMA data sebelum intervensi dilakukan menggunakan data sebelum intervensi. Tahap pemodelan SARIMA data sebelum intervensi, yaitu identifikasi model, pendugaan parameter, diagnostik model, dan peramalan. Model SARIMA terbaik akan digunakan untuk melakukan peramalan pada periode saat intervensi.

3. Identifikasi ordo intervensi

Ordo intervensi yaitu b , s , dan r dapat diidentifikasi menggunakan grafik sisaan SARIMA data sebelum intervensi. Batas signifikansi sisaan pada grafik sisaan diperoleh dari tiga kali *Root Mean Square Error* (RMSE) dari model SARIMA data sebelum intervensi (Abdullah *et al.* 2012).

4. Pendugaan parameter model intervensi

Pendugaan parameter intervensi pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode kemungkinan maksimum. Model intervensi yang signifikan pada setiap penduga parameternya akan dilakukan uji diagnostik model, namun jika tidak terdapat model intervensi yang seluruh penduga parameternya signifikan, maka dilakukan identifikasi ordo intervensi kembali.

5. Pemeriksaan diagnostik model

Pemeriksaan diagnostik model intervensi sama seperti pemeriksaan diagnostik model SARIMA. Pemeriksaan diagnostik model intervensi berupa analisis sisaan, yaitu uji kebebasan sisaan dengan menggunakan uji Ljung-Box dan uji kenormalan sisaan dengan menggunakan plot kuantil-kuantil dan uji Kolmogorov-Smirnov. Identifikasi ordo intervensi kembali dilakukan jika tidak ada model yang memenuhi asumsi sisaan.

3.6 Identifikasi Ordo Intervensi

Ordo intervensi diidentifikasi menggunakan grafik sisaan SARIMA data sebelum intervensi dengan ketentuan sebagai berikut (Aritara 2011):

- a. Ordo b merupakan jumlah periode waktu tunda sebelum efek intervensi mempengaruhi data deret waktu (Yaffee dan McGee 2000). Data deret waktu yang mulai dipengaruhi oleh dampak intervensi ditandai dengan sisaan yang keluar dari batas signifikansi grafik sisaan. Ordo b bernilai nol, jika dampak intervensi langsung terasa pada saat terjadi intervensi. Ordo b bernilai satu, jika dampak intervensi terasa satu periode setelah terjadinya intervensi, dan seterusnya.
- b. Ordo s merupakan banyak periode waktu yang dibutuhkan untuk data kembali stabil. Intervensi yang terjadi pada waktu ke- T dan pada saat $T+1$ masih terdapat sisaan yang keluar dari batas signifikansi, kemudian pada waktu $T+2$ sisaan sudah tidak ada yang keluar, maka ordo s akan bernilai satu.
- c. Ordo r merupakan *lag* berikutnya setelah b dan s . Ordo r yang dilihat dari ada tidaknya pola pada grafik sisaan.

3.7 Kriteria Pemilihan Model Terbaik

Terdapat beberapa kriteria yang dapat digunakan dalam memilih model terbaik dari beberapa model yang mungkin, yaitu *Akaike's Information Criterion* (AIC) dan *Bayesian Information Criterion* (BIC). Model terbaik adalah model dengan nilai AIC dan BIC terkecil. AIC merupakan kriteria pemilihan model yang



mempertimbangkan banyaknya parameter model. AIC cenderung memilih model dengan parameter yang lebih banyak, sedangkan BIC menyeleksi model dengan memilih nilai parameter yang sebenarnya setepat mungkin. Rumus AIC dan BIC sebagai berikut (Montgomery *et al.* 2015):

$$AIC = \ln\left(\frac{\sum_t^n e_t^2}{n}\right) + \frac{2h}{n} \quad (14)$$

$$BIC = \ln\left(\frac{\sum_t^n e_t^2}{n}\right) + \frac{h \ln(n)}{n} \quad (15)$$

Keterangan:

- n : banyaknya data
- e_t^2 : jumlah sisaan kuadrat
- h : banyaknya parameter pada model

Kriteria pemilihan model terbaik berdasarkan ketepatan model dalam melakukan peramalan dapat menggunakan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dan *Root Mean Square Error* (RMSE). Pada penelitian ini MAPE dan RMSE akan digunakan sebagai kriteria untuk memilih model terbaik antara model SARIMA dan intervensi. Semakin kecil nilai MAPE dan RMSE menunjukkan hasil peramalan dari model semakin mendekati nilai aktual. Rumus MAPE dan RMSE sebagai berikut (Montgomery *et al.* 2008):

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^T \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right|}{n} \times 100\% , \forall t \in \{1, 2, \dots, n\} \quad (16)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (F_t - \hat{F}_t)^2}{n}} \quad (17)$$

Keterangan:

- Y_t : nilai pengamatan pada waktu ke- t
- \hat{Y}_t : nilai dugaan pada waktu ke- t
- n : banyaknya data
- t : $1, 2, 3, \dots, n$

Selang nilai MAPE yang dapat dijadikan sebagai ukuran kemampuan dari model melakukan peramalan disajikan pada Tabel 4 (Chang *et al.* 2007)

Tabel 4 Signifikansi nilai MAPE

Selang MAPE	Signifikansi
< 10%	Kemampuan peramalan yang sangat baik
10–20%	Kemampuan peramalan yang baik
20–50%	Kemampuan peramalan yang layak
> 50%	Kemampuan peramalan yang buruk

IV METODE

4.1 Data

Data yang digunakan pada penelitian ini diambil dari website resmi Badan Pusat Statistik (BPS) yang bersumber dari PT. Angkasa Pura II, yaitu data jumlah keberangkatan penumpang penerbangan domestik di Bandara Internasional Soekarno-Hatta. Data tersebut merupakan data bulanan periode Januari 2010 sampai Mei 2021. Data bulan Maret 2020 sampai Mei 2021 pada penelitian ini diduga dipengaruhi oleh suatu intervensi yaitu Covid-19 yang telah masuk ke Indonesia sejak Maret 2020.

4.2 Prosedur Analisis Data

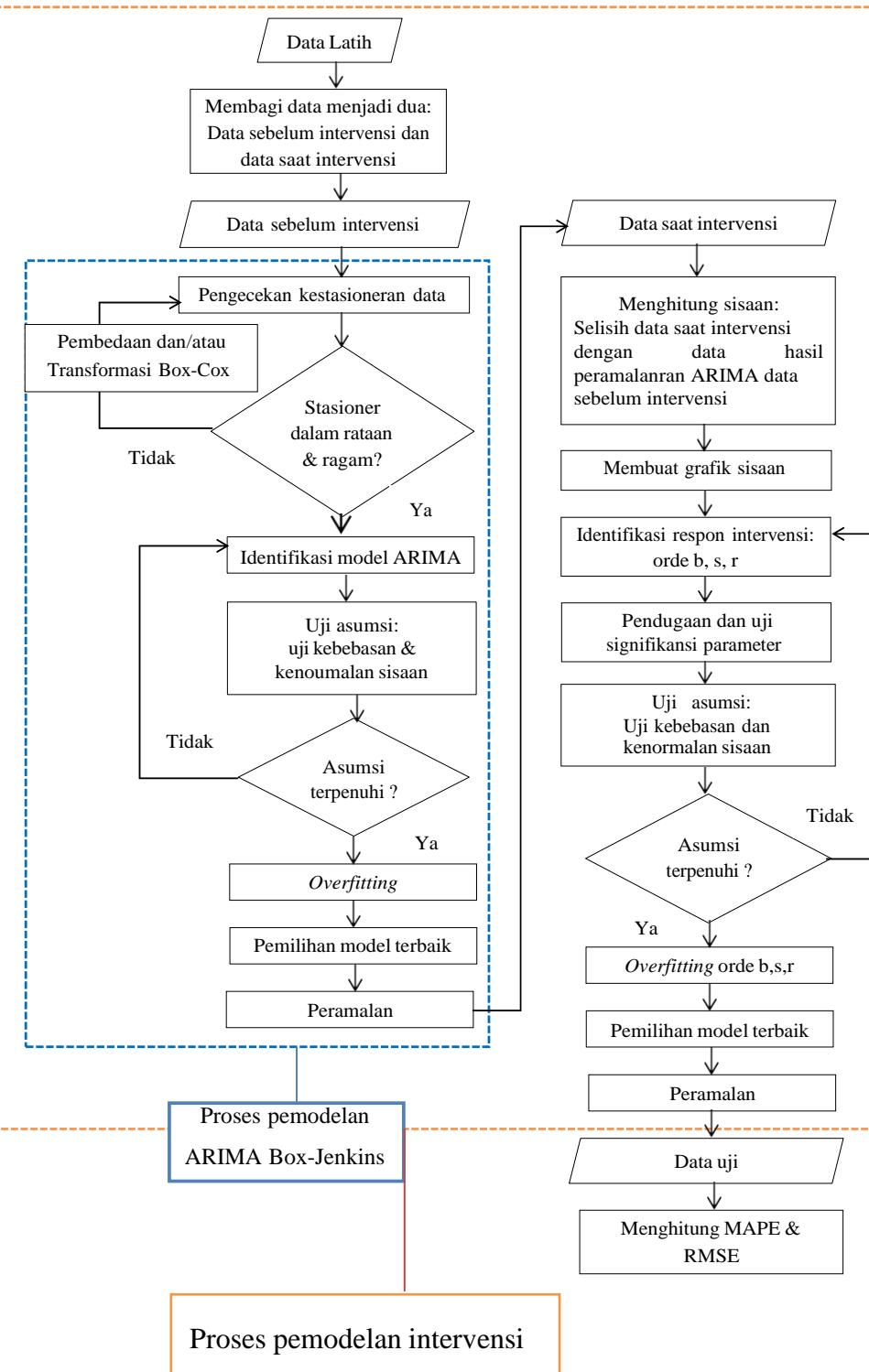
Langkah-langkah yang dilakukan untuk menganalisis data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan eksplorasi data untuk melihat karakteristik dan pola data untuk menentukan model analisis yang sesuai.
2. Membagi data menjadi dua, yaitu data latih dan data uji. Data pada Januari 2010 hingga Agustus 2020 sebagai data latih digunakan untuk pemodelan, sedangkan data pada September hingga Mei 2021 sebagai data uji digunakan untuk validasi model.
3. Membuat model SARIMA
 - a. Memeriksa kestasioneran data dalam rataan dengan plot ACF dan uji ADF dan kestasioneran dalam ragam dengan uji Box-Cox. Data yang tidak stasioner dalam rataan dilakukan perbedaan (*differencing*), sedangkan jika data tidak stasioner dalam ragam dilakukan transformasi Box-Cox.
 - b. Mengidentifikasi model SARIMA berdasarkan plot ACF dan PACF dari data yang sudah stasioner.
 - c. Melakukan pendugaan dan pemeriksaan signifikansi penduga parameter dari model tentatif yang sudah diperoleh.
 - d. Melakukan uji diagnostik model, yaitu uji kebebasan dan kenormalan sisaan.
 - e. Melakukan *overfitting* model untuk mendapatkan kandidat model terbaik.
 - f. Memilih model SARIMA terbaik dari beberapa model yang sudah terbentuk berdasarkan nilai AIC dan BIC. Model SARIMA terbaik adalah model yang memiliki nilai AIC dan BIC terkecil.
4. Membuat model intervensi
 - a. Membagi data latih menjadi dua, yaitu data sebelum intervensi dan data saat intervensi.
 - b. Membuat model SARIMA data sebelum intervensi atau model Y_t yang terdapat pada persamaan (9) menggunakan data sebelum intervensi. Prosedur pembuatan model SARIMA data sebelum intervensi mengikuti langkah 3a sampai 3f.
 - c. Melakukan peramalan sebanyak data saat intervensi menggunakan model SARIMA yang diperoleh pada langkah 4b.
 - d. Membuat grafik sisaan model SARIMA data sebelum intervensi.
 - e. Mengidentifikasi respons intervensi yaitu ordo b, r, s berdasarkan grafik sisaan.



- f. Melakukan pendugaan dan pemeriksaan signifikansi penduga parameter dari model intervensi. Apabila penduga parameter tidak signifikan, maka kembali ke langkah 4e.
 - g. Melakukan pemeriksaan diagnostik model yaitu uji kebebasan dan kenormalan sisaan.
 - h. Melakukan *overfitting* dengan mencoba beberapa ordo b, s, r lainnya untuk mendapatkan ordo model terbaik.
 - i. Memilih model intervensi terbaik dari beberapa kandidat model yang sudah terbentuk berdasarkan nilai AIC dan BIC. Model intervensi terbaik adalah model dengan nilai AIC dan BIC terkecil.
- Melakukan peramalan sebanyak data uji menggunakan model SARIMA dan intervensi terbaik untuk menghitung nilai MAPE dan RMSE dari masing-masing model.
6. Membandingkan hasil peramalan model SARIMA dan model intervensi berdasarkan nilai MAPE dan RMSE. Model terbaik diantara kedua model tersebut adalah model dengan nilai MAPE dan RMSE terkecil.

Diagram alir untuk pemodelan SARIMA dan intervensi berdasarkan prosedur analisis data diatas disajikan pada Gambar 2.



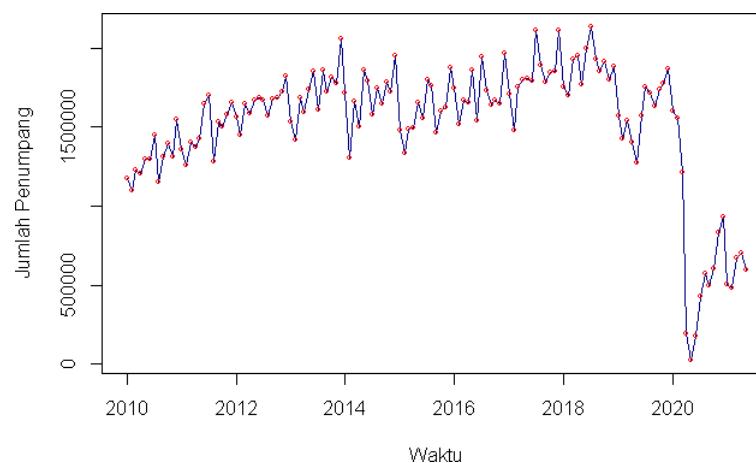
Gambar 2 Diagram alir pemodelan ARIMA dan intervensi

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang menyalin seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak mengulang kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Eksplorasi Data

Eksplorasi data dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai karakteristik data yang digunakan. Hasil eksplorasi data jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta menunjukkan bahwa rata-rata jumlah penumpang domestik yang berangkat melalui Bandara Soetta periode Januari 2010–Mei 2021 adalah sebesar 1.520.305 orang dengan simpangan baku sebesar 409.449,7. Simpangan baku yang cukup besar menunjukkan jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta cukup beragam. Plot data jumlah penumpang domestik pada Gambar 3 menunjukkan bahwa data memiliki pola *trend* dan cenderung fluktuatif. Data terlihat belum stasioner dalam rataan dan ragam. Jumlah penumpang terbanyak terjadi pada Juli 2018 dan paling sedikit pada Mei 2020, yaitu masing-masing sebesar 2.132.360 dan 27.500 orang. Jumlah penumpang domestik mengalami penurunan yang cukup signifikan pada bulan April 2020, penurunan jumlah penumpang sebesar 1.020.695 orang jika dibandingkan dengan bulan Maret 2020. Hal tersebut diduga akibat terjadinya pandemi Covid-19. Data jumlah penumpang domestik mengandung pola musiman (Gambar 3), hal tersebut terlihat dengan adanya fluktuasi dari bulan ke bulan berikutnya dan membentuk pola yang sama secara berulang setiap 12 periode. Pola musiman yang terlihat jelas adalah pada musim libur seperti pada bulan Juli dan Desember jumlah penumpang akan mengalami peningkatan, kemudian akan menurun pada waktu diluar musim libur.

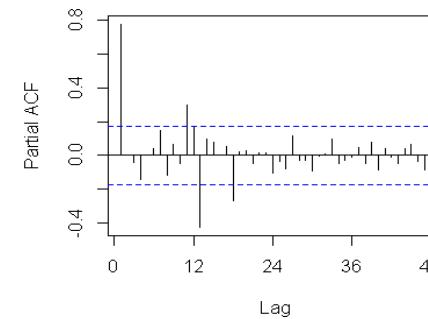
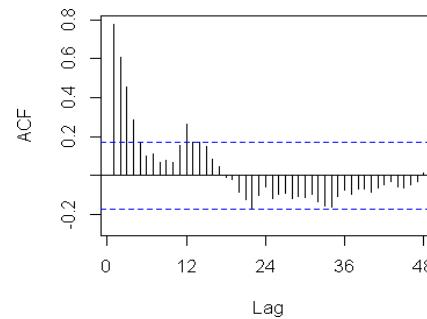


Gambar 3 Plot data deret waktu jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta

5.2 Model Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA)

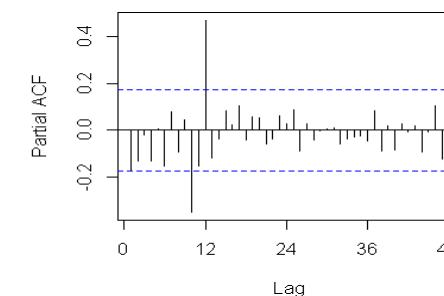
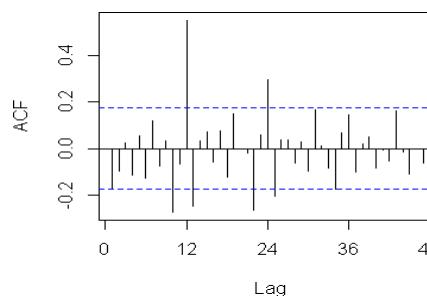
4.2.1 Uji Kestasioneran Data

Pemeriksaan kestasioneran pada data jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta dilakukan dengan eksplorasi dan uji formal. Kestasioneran dalam rataan diamati menggunakan plot ACF dan PACF. Plot ACF pada Gambar 4 terlihat menurun secara perlahan yang menunjukkan data belum stasioner dalam rataan. Pemeriksaan kestasioneran dalam rataan juga dilakukan dengan uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF). Hasil uji ADF menunjukkan data



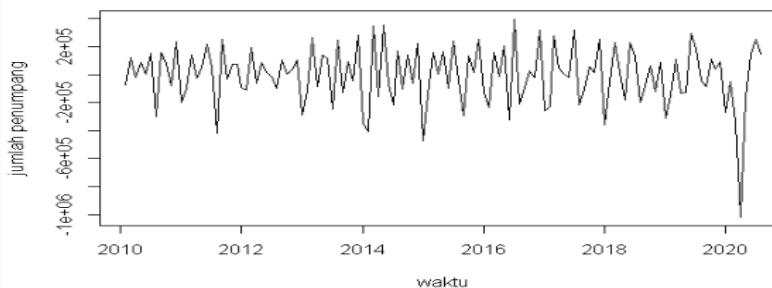
Gambar 4 Plot ACF dan PACF data jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta yang belum stasioner

Plot ACF dari data yang sudah mengalami pembedaan menunjukkan data sudah stasioner dalam rataan (Gambar 5). Terlihat bahwa nilai ACF menurun secara drastis setelah *lag* ke-1, namun terlihat signifikan kembali pada *lag* ke-12, dan 24. Hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat pengaruh musiman pada data jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta. Pengaruh musiman pada data akan diidentifikasi dan dimasukkan pada tahap pembentukan model.



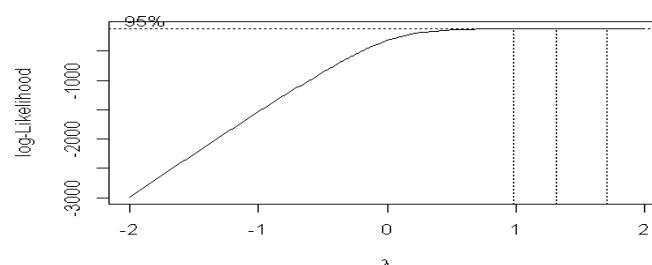
Gambar 5 Plot ACF dan PACF data jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta yang sudah stasioner

Pemeriksaan kestasioneran dalam rataan dengan uji ADF pada data yang sudah mengalami pembedaan juga diperoleh hasil bahwa data sudah stasioner dalam rataan dengan pembedaan ke-1 ($d = 1$). Nilai *p-value* yang diperoleh dari uji ADF sebesar 0,01 atau kurang dari taraf nyata 5%. Data deret waktu jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta yang sudah stasioner dalam rataan terlihat bergerak disekitar nilai tertentu (Gambar 6).



Gambar 6 Plot data jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta setelah pembedaan

Pemeriksaan kestasioneran dalam ragam juga dilakukan pada data yang sudah stasioner dalam rataan. Pemeriksaan kestasioneran dalam ragam dilakukan menggunakan plot Box-Cox. Nilai *lambda* (λ) yang diperoleh berdasarkan plot Box-Cox yaitu 1,2949 mendekati nilai satu atau melewati nilai satu, yang berarti data sudah stasioner dalam ragam, sehingga tidak perlu dilakukan transformasi. Plot Box-cox pada data yang sudah stasioner dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Plot Box-Cox data jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta

5.2.1 Identifikasi Model ARIMA(p, d, q)(P, D, Q)^s

Model SARIMA adalah model yang cocok digunakan untuk memodelkan data jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta karena data mengandung pola musiman. Model SARIMA diidentifikasi berdasarkan plot ACF dan PACF dari data yang sudah stasioner. Penentuan ordo p dan q pada model ARIMA reguler dilakukan dengan memperhatikan keseluruhan *lag* pada plot ACF dan PACF, sedangkan untuk ARIMA musiman karena periode musimannya tahunan ($s = 12$), maka penentuan ordo P dan Q dilakukan dengan memperhatikan *lag-lag* 12, 24, 36 dan seterusnya pada plot ACF dan PACF. Gambar 5 menunjukkan bahwa *lag* reguler pada plot ACF turun secara drastis menuju nol setelah *lag* 1 dan turun secara perlahan pada *lag* musiman, sedangkan pada plot PACF, *lag* reguler turun secara drastis setelah *lag* 1 dan pada *lag* musiman turun secara drastis setelah *lag* ke-12. Berdasarkan hal tersebut model tentatif yang mungkin, yaitu ARIMA(0,1,0)(1,0,0)¹², ARIMA(0,1,1)(1,0,0)¹², dan ARIMA(1,1,0)(1,0,0)¹². Kemudian dari ketiga model tentatif tersebut dilakukan pendugaan parameter. Hasil pendugaan parameter dari ketiga model pada Tabel 5 menunjukkan bahwa model yang semua penduga parameternya signifikan adalah model ARIMA(0,1,0)(1,0,0)¹²,



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak menggunakan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbarui sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

karena nilai *p-value* yang diperoleh lebih kecil dari taraf nyata 5%. Pada model ARIMA(0,1,1)(1,0,0)¹² dan ARIMA(1,1,0)(1,0,0)¹² tidak semua penduga parameternya signifikan pada taraf nyata 5%, yaitu MA(1) dan AR(1) tidak signifikan karena nilai *p-value* lebih besar dari 0,05.

Tabel 5 Nilai penduga parameter model tentatif SARIMA untuk data jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta

Model	Tipe	Koefisien	<i>p-value</i>	AIC	BIC
ARIMA(0,1,0)(1,0,0) ¹²	SAR(1)*	0,6918	< 0,0001	3409,70	3415,38
ARIMA(0,1,1)(1,0,0) ¹²	MA(1)	-0,1299	0,1374	3409,50	3418,03
	SAR(1)*	0,6975	< 0,0001		
ARIMA(1,1,0)(1,0,0) ¹²	AR(1)	-0,1338	0,1294	3409,40	3417,95
	SAR(1)*	0,6995	< 0,0001		

*parameter yang signifikan pada taraf nyata 5%

5.2.2 Diagnostik Model

Model yang semua penduga parameternya signifikan selanjutnya akan diuji diagnostik model. Hasil uji kebebasan sisaan dengan uji Ljung-Box pada model ARIMA(0,1,0)(1,0,0)¹² dapat dilihat pada Tabel 6. Hasil uji Ljung-Box menunjukkan bahwa setiap *lag* sisaan yang diujikan pada model ARIMA(0,1,0)(1,0,0)¹² memiliki nilai *p-value* lebih besar dari taraf nyata 5%, sehingga dapat dikatakan tidak ada autokorelasi pada sisaan model.

Tabel 6 Hasil uji Ljung-Box pada sisaan model tentatif SARIMA

Model	<i>Lag</i>	<i>p-value</i>
ARIMA(0,1,0)(1,0,0) ¹²	5	0,5219
	10	0,2436
	15	0,2744
	20	0,4823
	25	0,2341
	30	0,3832

Pemeriksaan kenormalan sisaan model ARIMA(0,1,0)(1,0,0)¹² dengan uji Kolmogorov-Smirnov menunjukkan bahwa sisaan belum berdistribusi normal karena nilai *p-value* diperoleh lebih kecil dari taraf nyata 5%. Kasus serupa juga terjadi pada penelitian Fitriani (2018) yang melakukan pemodelan pada data jakarta islamic index dengan menggunakan fungsi transfer input ganda. Fitriani (2018) mentoleransi ketidaknormalan sisaan berdasarkan teorema limit pusat. Teorema limit pusat menyatakan bahwa suatu sebaran dapat didekati dengan sebaran normal ketika ukuran contohnya sama dengan atau lebih besar dari 30 (Anderson *et al.* 2011). Pada penelitian ini digunakan contoh berukuran 128, sehingga dapat dikatakan asumsi kenormalan sisaan pada model ARIMA(0,1,0)(1,0,0)¹² sudah terpenuhi. Pengujian kenormalan sisaan dengan plot Q-Q dan histogram pada Lampiran 1 juga menunjukkan bahwa distribusi sisaan mendekati sebaran normal. Langkah selanjutnya adalah *overfitting* model. Hasil *overfitting* model SARIMA dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Nilai penduga parameter model SARIMA hasil *overfitting* pada data jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta

Model	Tipe	Koefisien	p-value	AIC	BIC
ARIMA(0,1,0)(2,0,0) ¹²	SAR(1)*	0,8139	< 0,0001	3409,30	3417,83
	SAR(2)	-0,1655	0,1174		
ARIMA(0,1,0)(1,0,1) ¹²	SAR(1)*	0,6032	< 0,0001	3409,28	3417,81
	SMA(1)	0,1894	0,1351		

*parameter yang signifikan pada taraf nyata 5%

Hasil *overfitting* model pada Tabel 7 menunjukkan bahwa pada kedua model tersebut terdapat penduga parameter yang tidak signifikan pada taraf nyata 5%. Penduga parameter SAR(1) dan SMA(1) tidak signifikan karena memiliki nilai p-value lebih besar dari taraf nyata 5%, sehingga berdasarkan hal tersebut maka model SARIMA terbaik yang akan digunakan untuk meramalkan jumlah penumpang domestik periode selanjutnya adalah ARIMA(0,1,0)(1,0,0)¹². Persamaan dari model dapat dituliskan sebagai berikut:

$$(1 - 0,6918B^{12})(1 - B)Y_t = e_t$$

5.3 Model Intervensi

5.3.1 Pembagian Data

Intervensi yang dibahas pada penelitian ini adalah pandemi Covid-19 di Indonesia. Pandemi Covid-19 terjadi di Indonesia sejak bulan Maret 2020 atau pada periode waktu ke-123 ($T = 123$). Pada Lampiran 2 juga terlihat bahwa sejak Maret 2020 terjadi perubahan pola data deret waktu yaitu terjadi penurunan jumlah penumpang yang cukup tajam, sehingga pembagian datanya yaitu data sebelum intervensi dimulai dari Januari 2010–Februari 2020 ($n = 122$) dan data saat intervensi mulai dari Maret 2020–Agustus 2020 ($n = 6$). Data sebelum intervensi akan digunakan untuk membuat model SARIMA data sebelum intervensi.

5.3.2 SARIMA Data Sebelum Intervensi

a. Uji kestasioneran data

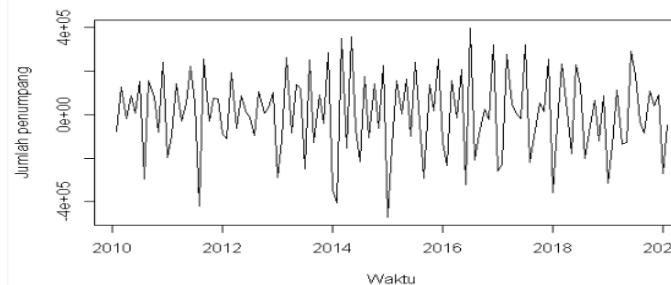
Pemeriksaan kestasioneran data sebelum intervensi menunjukkan data belum stasioner dalam rataan. Hal tersebut terlihat dari plot ACF pada Lampiran 3 yang menurun secara perlahan. Pada uji ADF juga diperoleh nilai p-value yang lebih besar dari taraf nyata 5% yaitu 0,1987, artinya data sebelum intervensi tidak stasioner dalam rataan. Ketidakstasioneran data dalam rataan dapat diatasi dengan metode pembedaan. Setelah dilakukan pembedaan ke-1 ($d = 1$) dan diperiksa kembali kestasionerannya, terlihat bahwa plot ACF pada Lampiran 4 memiliki pola menurun secara drastis, yang artinya data sebelum intervensi sudah stasioner dalam rataan. Data sebelum intervensi yang sudah stasioner dalam rataan juga ditunjukkan oleh nilai p-value uji ADF yang lebih kecil dari taraf nyata 5%. Plot deret waktu data sebelum intervensi yang sudah stasioner dalam rataan akan terlihat membentuk garis horizontal (Gambar 8).

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

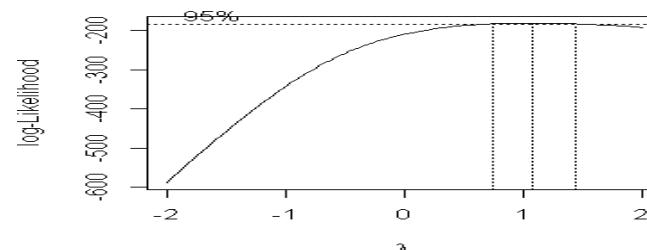
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gambar 8 Plot data sebelum intervensi setelah pembedaan

Plot Box-Cox pada Gambar 9 menunjukkan bahwa data sudah stasioner dalam ragam. Hal tersebut terlihat dari nilai *lambda* (λ) yang diperoleh untuk membuat log likelihood bernilai maksimum mendekati satu yaitu 1,0743, sehingga tidak dilakukan transformasi.



Gambar 9 Plot Box-Cox data sebelum intervensi

b. Identifikasi model ARIMA(p,d,q)(P,D,Q)^s

Identifikasi model SARIMA data sebelum intervensi dapat dilakukan dengan melihat plot ACF dan PACF data sebelum intervensi yang sudah stasioner. Model tentatif yang mungkin berdasarkan hasil identifikasi plot ACF dan PACF pada Lampiran 4, yaitu ARIMA(0,1,1)(1,0,0)¹², ARIMA(2,1,0)(1,0,0)¹², dan ARIMA(2,1,1)(1,0,0)¹². Hasil pendugaan parameter pada Tabel 8 menunjukkan bahwa model SARIMA yang seluruh penduga parameternya signifikan pada taraf nyata 5% adalah model ARIMA(0,1,1)(1,0,0)¹² dan ARIMA(2,1,0)(1,0,0)¹², karena nilai *p-value* setiap penduga parameter model tersebut lebih kecil dari taraf nyata 5%.

Tabel 8 Nilai penduga parameter model tentatif SARIMA pada data sebelum intervensi

Model	Tipe	Koefisien	<i>p-value</i>	AIC	BIC
ARIMA(0,1,1) (1,0,0) ¹²	MA (1)*	-0,5145	< 0,0001	3174,30	3182,69
	SAR(1)*	0,6980	< 0,0001		
ARIMA(2,1,0) (1,0,0) ¹²	AR(1)*	-0,5103	< 0,0001	3177,45	3188,63
	AR(2)*	-0,1817	0,0424		
	SAR(1)*	0,7109	< 0,0001		
ARIMA(2,1,1) (1,0,0) ¹²	AR(1)	-0,0795	0,8414	3178,13	3192,11
	AR(2)	-0,0020	0,9928		
	MA(1)*	-0,4532	0,2421		
	SAR(1)*	0,7032	< 0,0001		

*parameter yang signifikan pada taraf nyata 5%



c. Diagnostik model

Hasil uji Ljung-Box pada sisaan model ARIMA(0,1,1)(1,0,0)¹² dan ARIMA(2,1,0)(1,0,0)¹² berdasarkan Tabel 9 terlihat bahwa nilai *p-value* dari setiap *lag* sisaan yang diujikan pada kedua model lebih besar dari taraf nyata 5%. Hal tersebut berartinya tidak terdapat autokorelasi sisaan pada model ARIMA(0,1,1)(1,0,0)¹² dan ARIMA(2,1,0)(1,0,0)¹².

Tabel 9 Hasil uji Ljung-Box pada sisaan model SARIMA data sebelum intervensi

Model	Lag	<i>p-value</i>
ARIMA(0,1,1)(1,0,0) ¹²	5	0,9944
	10	0,4575
	15	0,6371
	20	0,7935
	25	0,6098
	30	0,7000
ARIMA(2,1,0)(1,0,0) ¹²	5	0,8992
	10	0,5230
	15	0,7175
	20	0,8242
	25	0,6404
	30	0,7631

Pengujian kenormalan sisaan dengan uji Kolmogorov-smirnov menunjukkan bahwa sisaan model ARIMA(0,1,1)(1,0,0)¹² dan ARIMA(2,1,0)(1,0,0)¹² tidak berdistribusi normal. Hal tersebut ditunjukkan oleh nilai *p-value* dari uji uji Kolmogorov-smirnov pada kedua model lebih kecil dari taraf nyata 5% yaitu $< 0,0001$. Kasus serupa juga terjadi pada penelitian Fitriani (2018) yang melakukan pemodelan pada data jakarta islamic index dengan menggunakan fungsi transfer input ganda. Fitriani (2018) mentoleransi ketidaknormalan pada sisaan berdasarkan teorema limit pusat. Teorema limit pusat menyatakan bahwa suatu sebaran dapat didekati dengan sebaran normal ketika ukuran contohnya sama dengan atau lebih besar dari 30 (Anderson *et al.* 2011). Pada penelitian ini digunakan contoh berukuran 122 sehingga dapat dikatakan asumsi kenormalan sisaan pada kedua model sudah terpenuhi. Plot Q-Q dan histogram pada Lampiran 5 dan 6 juga menunjukkan bahwa distribusi sisaan model ARIMA(0,1,1)(1,0,0)¹² dan ARIMA(2,1,0)(1,0,0)¹² mendekati sebaran normal. Tahap selanjutnya memilih model model tentatif terbaik berdasarkan nilai AIC dan BIC terkecil. Perbandingan nilai AIC dan BIC yang disajikan pada Tabel 10 menunjukkan bahwa model tentatif terbaiknya adalah ARIMA(0,1,1)(1,0,0)¹² karena memiliki nilai AIC dan BIC terkecil yaitu masing-masing sebesar 3174,30 dan 3182,69.

Tabel 10 Nilai AIC dan BIC model SARIMA data sebelum intervensi

Model	AIC	BIC
ARIMA(0,1,1)(1,0,0) ¹²	3174,30	3182,69
ARIMA(2,1,0)(1,0,0) ¹²	3177,45	3188,63

Model SARIMA data sebelum intervensi hasil *overfitting* pada Tabel 11 menunjukkan bahwa tidak ada model yang seluruh nilai penduga parameteranya signifikan pada taraf nyata 5%. Oleh karena itu, model SARIMA data sebelum intervensi terbaiknya adalah ARIMA(0,1,1)(1,0,0)¹². Model ARIMA(0,1,1)(1,0,0)¹² selanjutnya digunakan untuk melakukan peramalan jumlah penumpang pada saat intervensi ($n = 6$). Persamaan model ARIMA(0,1,1)(1,0,0)¹² dapat dituliskan sebagai berikut:

$$(1 - 0.6981 B^{12})(1 - B)Y_t = (1 + 0.5146B)e_t$$

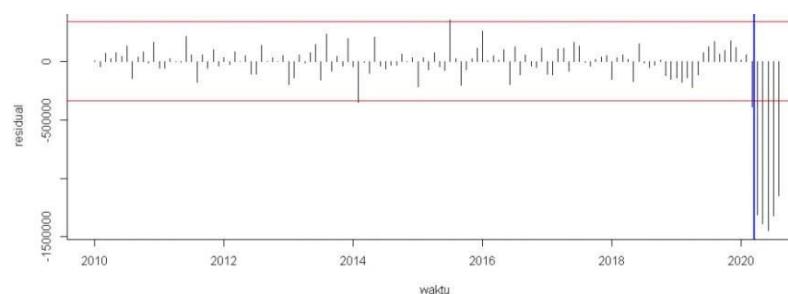
Tabel 11 Nilai penduga parameter model SARIMA data sebelum intervensi
hasil *overfitting*

Model	Tipe	Koefisien	<i>p-value</i>	AIC	BIC
ARIMA(0,1,2) (1,0,0) ¹²	MA(1)*	-0,5329	< 0,0001		
	MA(2)	0,0401	0,6720	3176,13	3187,31
	SAR(1)*	0,7033	< 0,0001		
ARIMA(1,1,1) (1,0,0) ¹²	AR(1)	-0,0762	0,6722		
	MA(1)*	-0,4564	0,0050	3176,13	3187,31
	SAR(1)*	0,7031	< 0,0001		
ARIMA(0,1,1) (2,0,0) ¹²	MA(1)*	-0,5145	< 0,0001		
	SAR(1)*	0,6979	< 0,0001	3176,3	3187,49
	SAR(2)	0,0002	0,9982		
ARIMA(0,1,1) (1,0,1) ¹²	MA(1)*	-0,5146	< 0,0001		
	SAR(1)*	0,6982	< 0,0001	3176,3	3187,49
	SMA(2)	-0,0003	0,9985		

*parameter yang signifikan pada taraf nyata 5%

5.3.3 Identifikasi Respon Intervensi

Hasil peramalan model ARIMA(0,1,1)(1,0,0)¹² berdasarkan plot pada Lampiran 7 terlihat hampir bersesuaian dengan plot data aktual pada saat sebelum terjadi intervensi, namun saat terjadi intervensi tepatnya mulai Maret 2020 hasil peramalan yang didapatkan berbeda jauh dengan data aktual. Hal tersebut dikarenakan adanya intervensi, yaitu Covid-19. Lampiran 8 menunjukkan bahwa adanya Covid-19 menyebabkan terjadi perubahan data deret waktu secara mendadak (*abrupt*) dan bersifat permanen yang mengindikasikan intervensi yang terjadi menggunakan fungsi *step*. Identifikasi respon intervensi dapat dilakukan dengan mengamati grafik sisian model ARIMA(0,1,1)(0,0,0)¹² (Gambar 10).



Gambar 10 Grafik sisaan model ARIMA(0,1,1)(0,0,2)¹²

Grafik sisaan pada gambar di atas memiliki batas signifikansi $\pm 338855,4$ yang didapat dari $3 \times \text{RMSE}$ model ARIMA(0,1,1)(0,0,2)¹². Grafik sisaan pada Gambar 10 menunjukkan bahwa jumlah penumpang mulai mengalami penurunan pada Maret 2020 ($T = 123$), sehingga dipilih ordo b bernilai 0. Ordo b akan bernilai 1 jika respon penurunan terjadi pada bulan April 2020, bernilai 2 jika respon penurunan terjadi pada bulan Mei 2020 dan seterusnya. Selanjutnya untuk ordo s dapat ditentukan dengan melihat seberapa lama penurunan jumlah penumpang berlangsung sebelum kembali normal. Ordo s diduga bernilai 5, hal tersebut terlihat dari April–Agustus 2020 *lag* sisaan masih keluar dari batas signifikan artinya penurunan tetap ada pada periode tersebut. Ordo berikutnya yaitu ordo r. Penentuan ordo r dilihat dari ada tidaknya pola yang jelas pada grafik sisaan. Ordo r akan bernilai 0 jika tidak terdapat pola yang jelas pada grafik sisaan dan bernilai 1 jika grafik sisaan memiliki pola yang jelas. Oleh karena itu, ordo tentatif dari model intervensi berdasarkan hasil identifikasi grafik sisaan yaitu $b = 0, s = 5, r = 0$ dan $b = 0, s = 5, r = 1$. Hasil pendugaan parameter model intervensi ditampilkan pada Tabel 12.

Tabel 12 Nilai penduga parameter model intervensi pada data jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta

Model	Tipe	Koefisien	p-value	AIC	BIC
ARIMA(0,1,1)(1,0,0) ¹² $b = 0, s = 5, r = 0$	MA(1)*	0,4893	< 0,0001		
	SAR(1)*	0,7021	< 0,0001	3258,	3270
	ω_0^*	-862036,8	< 0,0001	97	,19
	ω_5	-170693,4	0,2305		
ARIMA(0,1,1)(1,0,0) ¹² $b = 0, s = 5, r = 1$	MA(1)*	0,5475	< 0,0001		
	SAR(1)*	0,7200	< 0,0001	3223,	3237
	ω_0^*	-698034,2	< 0,0001	19	,21
	ω_5^*	-328056,0	0,0177		
	δ_0^*	0,5631	< 0,0001		

*parameter yang signifikan pada taraf nyata 5%

Model intervensi yang seluruh penduga parameternya signifikan pada taraf nyata 5% berdasarkan Tabel 12 adalah model intervensi ordo $b = 0, s = 5$, dan $r = 1$. Hal tersebut terlihat dari nilai *p-value* pada setiap penduga parameternya lebih besar dari taraf nyata 5%, sehingga akan dilakukan uji diagnostik model pada model tersebut. Berikut hasil uji Ljung-Box untuk sisaan model ARIMA(0,1,1)(1,0,0)¹² $b = 1, s = 5, r = 1$ pada Tabel 13.

Tabel 13 Hasil uji Ljung-Box pada sisaan model intervensi data jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta

Model	Lag	p-value
ARIMA(0,1,1)(1,0,0) ¹² $b = 0, s = 5, r = 1$	6	0,9185
	12	0,6058
	18	0,7256
	24	0,4373



Hasil uji Ljung-Box pada Tabel 13 menunjukkan bahwa model ARIMA(0,1,1)(1,0,0)¹² b = 1, s = 5, r = 1 tidak memiliki autokorelasi pada sisanya, karena nilai *p-value* setiap *lag* sisanya yang diuji lebih besar dari taraf nyata 5%. Hasil uji Kolmogorov-Smirnov diperoleh nilai *p-value* yang lebih besar dari taraf nyata 5% yaitu > 0,1500, artinya sisanya model tersebut sudah berdistribusi normal. Kenormalan sisanya juga dapat dilihat dari plot sebaran sisanya yang mendekati sebaran normal pada Lampiran 9. Upaya mendapatkan ordo terbaik model intervensi maka dicobakan juga beberapa ordo lainnya. Hasil *overfitting* model intervensi dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14 Nilai penduga parameter model intervensi hasil *overfitting* model

Model	Tipe	Koefisien	<i>p-value</i>	AIC	BIC
ARIMA(0,1,1)(1,0,0) ¹² b = 0, s = 4, r = 1	MA(1)*	0,5530	< 0,0001		
	AR(1)*	0,7018	< 0,0001		
	ω_0^*	-656850,9	< 0,0001	3244, 48	3258, 55
	ω_4^*	-344358,9	0,0018		
	δ_0^*	0,6572	< 0,0001		
	MA(1)*	0,5566	< 0,0001		
ARIMA(0,1,1)(1,0,0) ¹² b = 0, s = 3, r = 1	AR(1)*	0,6835	< 0,0001		
	ω_0^*	-592121,5	< 0,0001	3267, 56	3281, 66
	ω_3^*	-494048,6	0,0010		
	δ_0^*	0,8539	< 0,0001		
	MA(1)*	0,4767	< 0,0001		
ARIMA(0,1,1)(1,0,0) ¹² b = 0, s = 2, r = 1	AR(1)*	0,7486	< 0,0001		
	ω_0^*	-605532,1	< 0,0001	3293, 86	3308, 00
	ω_2	-585557,8	0,0859		
	δ_0^*	0,9999	0,0030		
	MA(1)*	0,5108	< 0,0001		
ARIMA(0,1,1)(1,0,0) ¹² b = 0, s = 1, r = 1	AR(1)*	0,7095	< 0,0001		
	ω_0^*	-388857,0	< 0,0001	3308, 63	3322, 81
	ω_1^*	906973,7	< 0,0001		
	δ_0	0,0535	0,6472		

*parameter yang signifikan pada taraf nyata 5%

Tabel 14 menunjukkan bahwa model intervensi ordo b = 0, s = 4, r = 1 dan b = 0, s = 3, r = 1 semua nilai penduga parameternya signifikan pada taraf nyata 5%, sehingga pada model tersebut akan dilakukan uji diagnostik model. Hasil uji Ljung-Box kedua model tersebut terdapat pada Tabel 15.

Tabel 15 Hasil uji Ljung-Box pada sisanya model intervensi hasil *overfitting*

Model	Lag	<i>p-value</i>
ARIMA(0,1,1)(1,0,0) ¹² b = 1, s = 4, r = 1	6	0,9518
	12	0,5878
	18	0,6529
	24	0,3302
ARIMA(0,1,1)(1,0,0) ¹² b = 1, s = 3, r = 1	6	0,8842
	12	0,4459
	18	0,6534
	24	0,2671

Tabel 15 menunjukkan bahwa model ARIMA(0,1,1)(1,0,0)¹² b = 1, s = 4, r = 1 dan ARIMA(0,1,1)(1,0,0)¹² b = 1, s = 3, r = 1 tidak memiliki autokorelasi pada sisanya. Sisaan pada model tersebut juga terlihat berdistribusi normal berdasarkan plot sebaran sisaan pada Lampiran 10 dan 11 .Uji formal dengan Kolmogorov-smirnov juga menunjukkan sisaan menyebar normal, karena *p-value* kedua model bernilai lebih besar dari taraf nyata 5% yaitu > 0,1500. Selanjutnya akan ditentukan model intervensi terbaik dari beberapa kandidat model yang terbentuk dengan melihat nilai AIC dan BIC terkecil. Berikut perbandingan nilai AIC dan BIC dari hasil identifikasi mode pada Tabel 16.

Tabel 16 Nilai AIC dan BIC dari kandidat model intervensi pada data jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta

Model	AIC	BIC
ARIMA(0,1,1)(1,0,0) ¹² b = 0, s = 5, r = 1	3223,19	3237,21
ARIMA(0,1,1)(1,0,0) ¹² b = 0, s = 4, r = 1	3244,48	3258,55
ARIMA(0,1,1)(1,0,0) ¹² b = 0, s = 3, r = 1	3267,56	3281,66

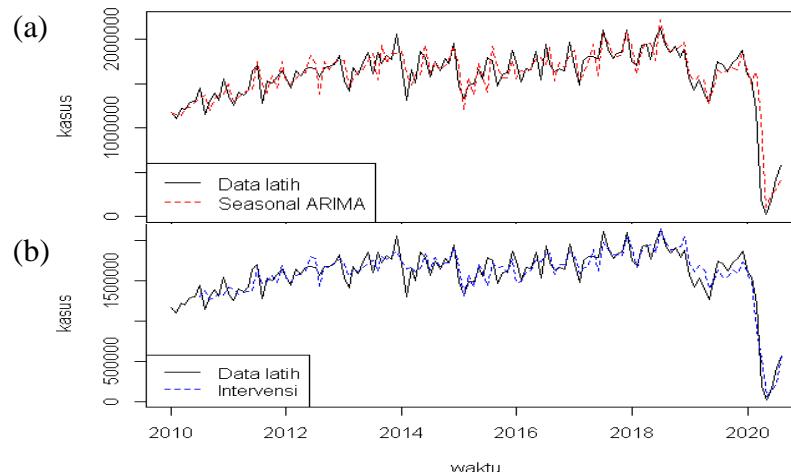
Tabel 16 menunjukkan bahwa model intervensi terbaik untuk data jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta adalah ARIMA(0,1,1)(1,0,0)¹² b = 0, s = 5, r = 1 karena memiliki nilai dengan nilai AIC dan BIC terkecil. Persamaan model intervensi ARIMA(0,1,1)(1,0,0)¹² b = 0, s = 5, r = 1 dapat ditulis sebagai berikut:

$$Z_t = \frac{(-698034,2 + 328056,0B)}{(1 - 0,5631B)} S_t^{(123)} + \frac{(1 + 0,5475B)e_t}{(1 - 0,7200 B^{12})(1 - B)}$$

dengan $S_t^{(123)} = \begin{cases} 0, t < 123 \\ 1, t \geq 123 \end{cases}$

5.4 Peramalan

Hasil akhir pembentukan model SARIMA dan intervensi pada data jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta diperoleh model terbaik pada masing-masing model yaitu ARIMA(0,1,0)(1,0,0)¹² dan ARIMA(0,1,1)(1,0,0)¹² b = 0, s = 5, r = 1. Kesesuaian data latih dengan data hasil peramalan menggunakan model SARIMA dan intervensi secara keseluruhan hampir bersesuaian dengan plot data latih (Gambar 11). Namun, pada saat terjadi penurunan jumlah penumpang yang cukup tajam, plot data latih lebih berimpit dengan dengan plot data peramalan menggunakan model intervensi. Model intervensi lebih bisa menangkap pola data saat terjadi penurunan tajam.



Gambar 11 Plot data latih dan data ramalan dengan menggunakan
(a) model ARIMA(0,1,0)(1,0,0)¹² dan (b) model intervensi
ARIMA(0,1,1)(1,0,0)¹² b = 0, s = 5, r = 1

Pada kedua model juga dilakukan validasi model untuk membandingkan keakuratan hasil peramalan jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta menggunakan model SARIMA dan intervensi. Validasi model dilakukan dengan meramalkan jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta pada periode September 2020 hingga Mei 2021 menggunakan model SARIMA dan intervensi terbaik. Hasil peramalan dari kedua model tersebut dapat dilihat pada Tabel 17.

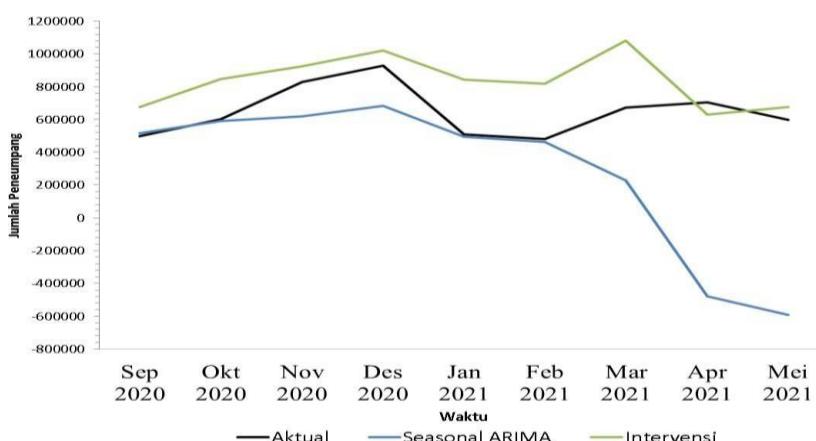
Tabel 17 Hasil peramalan data uji dengan menggunakan model SARIMA dan model intervensi terbaik

Periode	Ramalan		Aktual
	Model SARIMA	Model Intervensi	
September 2020	516.260	676.359	499.930
Oktober 2020	591.149	845.796	600.861
November 2020	619.021	926.327	828.148
Desember 2020	682.131	1.021.022	928.922
Januari 2021	495.702	843.333	507.262
Februari 2021	462.064	817.524	482.132
Maret 2021	226.678	1.080.281	672.107
April 2021	-479.399	631.340	703.135
Mei 2021	-592.504	674.632	598.615
MAPE	55,18%	35,25%	
RMSE	588887,40	238563,40	

Keakuratan peramalan dari kedua model dihitung berdasarkan nilai MAPE, RMSE, dan korelasi. Tabel 15 menunjukkan bahwa model intervensi memiliki nilai MAPE dan RMSE yang lebih kecil dibandingkan model SARIMA. Nilai korelasi antara data aktual dengan data hasil peramalan model intervensi lebih besar dibandingkan dengan data hasil peramalan model SARIMA yaitu masing-masing 0,50 dan 0,11. Hal tersebut menunjukkan model intervensi memiliki keakuratan yang lebih baik dibandingkan model SARIMA dalam peramalan

jumlah penumpang. Nilai MAPE sebesar 35,25% menunjukkan bahwa model intervensi termasuk model yang layak digunakan dalam peramalan jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta yang dipengaruhi oleh Covid-19.

Plot data hasil peramalan jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta dengan model SARIMA mengalami *trend* penurunan (Gambar 12). Plot data hasil peramalan model SARIMA menuju nilai negatif pada periode April dan Mei 2021, yang artinya diprediksi tidak ada penumpang domestik yang berangkat melalui Bandara Soetta pada periode tersebut. Sementara itu, plot data hasil peramalan jumlah penumpang dengan menggunakan model intervensi meskipun tidak berimpit namun terlihat memiliki pola yang sama dengan data plot data aktual.



Gambar 12 Plot data aktual dan data hasil peramalan model SARIMA dan intervensi

VI SIMPULAN DAN SARAN

6.1 Simpulan

Peramalan data jumlah penumpang domestik di Bandara Internasional Soekarno-Hatta (Soetta) dapat dimodelkan dengan metode SARIMA dan model intervensi. ARIMA(0,1,0)(1,0,0)¹² adalah model SARIMA terbaik dan ARIMA(0,1,1)(1,0,0)12 b = 0, s = 5, r = 1 adalah model intervensi terbaiknya. Model SARIMA yang terbentuk menunjukkan bahwa jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta dipengaruhi oleh jumlah penumpang domestik pada satu bulan, 12 bulan, dan 13 bulan sebelumnya. Pemodelan intervensi yang terbentuk menunjukkan bahwa jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta dipengaruhi oleh jumlah penumpang domestik pada satu bulan, dua bulan, 12 hingga 14 bulan sebelumnya, serta sisaan pada satu bulan dan dua bulan sebelumnya. Nilai MAPE, RMSE, dan korelasi yang diperoleh menunjukkan model intervensi lebih baik jika dibandingkan dengan model SARIMA dalam melakukan peramalan jumlah penumpang domestik di Bandara Soetta pada masa pandemi Covid-19.

6.2 Saran

Model intervensi yang dibahas pada penelitian ini hanya model intervensi fungsi *step* tunggal yaitu akibat pandemi Covid-19, sehingga untuk penelitian selanjutnya penulis menyarankan agar menggunakan model intervensi fungsi *step* ganda dengan mempertimbangkan beberapa kejadian di masa pandemi seperti Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan Masyarakat (PPKM) yang berlangsung selama beberapa tahap sebagai peubah intervensi. Selain itu untuk mendapatkan hasil peramalan yang lebih baik, dapat juga dilakukan pemeriksaan dan penanganan pencilan pada data. Penulis juga menyarankan agar menambahkan jumlah data untuk mendapatkan hasil peramalan yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Yuniarti D, Fathurahman M. 2012. Model intervensi untuk mengetahui dampak kenaikan tarif dasar listrik Juli 2010 terhadap pemakaian listrik di Kota Samarinda. *Jurnal Eksponensial*. 3(2): 71–80.
- Agresti A, Franklin C, Klingenberg B. 2018. *Statistics: The Art and Science of Learning from Data*. London: Pearson.
- Anderson D, Sweeney D, Williams T. 2011. *Statistics for Business and Economics*. Canada: South-Western Cengage Learning.
- Aritara R. 2011. Analisis intervensi fungsi step pada kenaikan Tarif Dasar Listrik (TDL) terhadap besarnya pemakaian listrik [skripsi]. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Box GEP, Jenkins GM, Reinsel GC, Ljung GM. 2016. *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. New Jersey (US): John Wiley & Sons.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2020. Number of Passengers Flight at Main Airports (People) 2010–2020. [diakses 2021 Agu 17]. <https://www.bps.go.id/indicator/17/66/2/jumlah-penumpang-pesawat-di-bandara-utama.html>.
- Chang PC, Wang YW, Liu CH. 2007. The development of weighted evolving fuzzy neural network for PCB sales forecasting. *Expert System with Applications*. 32: 86–96. doi:10.1016/j.eswa.2005.11.021.
- Cryer J, Chan K. 2008. *Time Series Analysis with Applications in R*. New York (US): Springer.
- Daniel WW. 1989. Statistika Nonparametrik Terapan. Alih bahasa: Alex Tri KW. Jakarta: PT.Gramedia.
- Durrah FI, Yulia Y, Parhusip TP, Rusyana A. 2018. Peramalan jumlah penumpang pesawat di bandara sultan iskandar muda dengan metode SARIMA (*Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average*). *Journal Data Analysis*. 1(1): 1–11. doi:10.24815/jda.v1i1.11847.
- Fahik DS, Jatipaningsrum MT. 2021. Peramalan jumlah penumpang penerbangan internasional di bandar udara internasional soekarno hatta dengan metode Holt-Winters Exponential Smoothing dan *Seasonal ARIMA*. *Jurnal Statistika Industri dan Komputasi*. 6(1): 77–87.
- Fitriani NL. 2018. Pemodelan Jakarta Islamic Index dengan Menggunakan Model Fungsi Transfer Input Ganda [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Gujarati DN. 2003. *Basic Econometrics*. New York (US): McGraw-Hill.
- Hanke JE, Wichern D. 2014. *Business Forecasting*. London: Pearson Education Limited.
- Hyndma RJ, Athanasopoulos G. 2014. *Forecasting: Principles and Practice*. Melbourne: Otexts.
- Hyndman RJ, Athanasopoulos G. 2018. *Forecasting: Principles and Practice*. 2nd Edition. Melbourne: Otexts.
- [Kemenkes RI] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2020. Pertanyaan dan Jawaban Terkait Covid-19. [diakses 2021 Agu 17]. <https://www.kemkes.go.id/article/view/20030400008/FAQ-Coronavirus.html>.
- Montgomery DC, Jennings CL, Kulahci M. 2008. *Introduction to Time Series*

- Analysis and Forecasting.* New Jersey (US): Wiley.
- Montgomery DC, Jennings CL, Kulahci M. 2015. *Introduction Time Series Analysis and Forecasting.* New Jersey (US): John Wiley & Sons.
- Sari RN, Mariani S, Hendikawati P. Analisis intervensi fungsi step pada harga saham (studi kasus saham PT Fast Food Indonesia Tbk). *UNNES Journal of Mathematics.* 5(2): 183–189.
- Sukur MH, Kurniadi B, Haris, N Faradillahisari R. 2020. Penanganan Pelayanan Kesehatan di Masa Pandemi Covid-19 dalam Perspektif Hukum Kesehatan. *Jurnal Inicio Legis.* 1(1): 1–17.
- Sustrisno A, Rais, Setiawan I. 2021. Intervention Model Analysis The Number of Domestic Passengers at Sultan Hasanuddin Airports. *Journal of Statistics.* 1(1): 41–49. doi:10.22487/27765660.2021.v1.i1.15436.
- Wei W. 2006. *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Method.* New York (US): Pearson Education.
- Yaffee RA, McGee M. 2000. *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting with Applications of SAS and SPSS.* New York (US): Academic Press.





LAMPIRAN

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

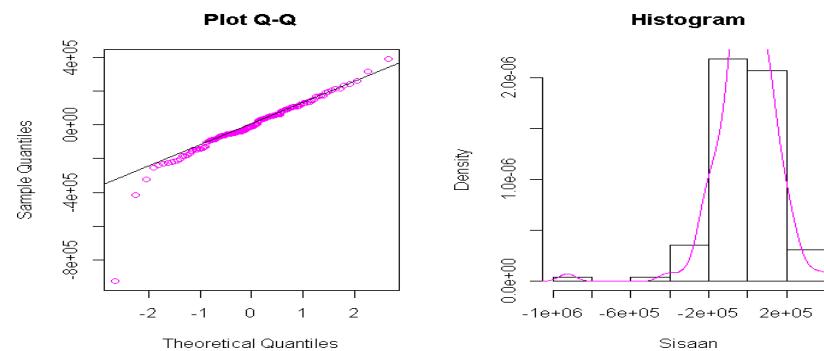
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

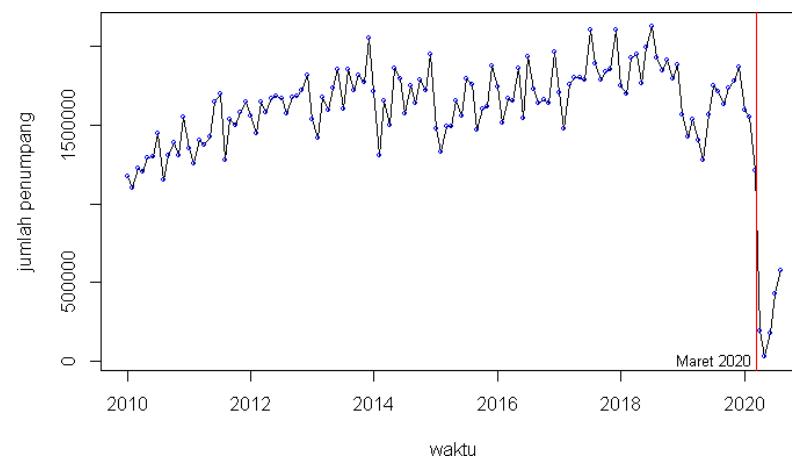
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbaikkan sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

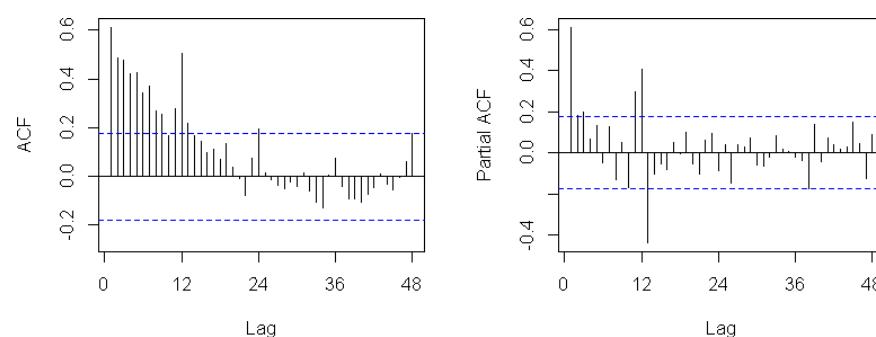
Lampiran 1 Plot sebaran normal sisaan model ARIMA(0,1,0)(1,0,0)¹²



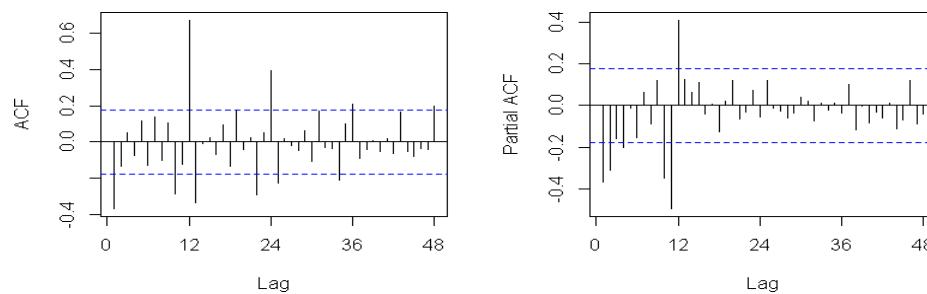
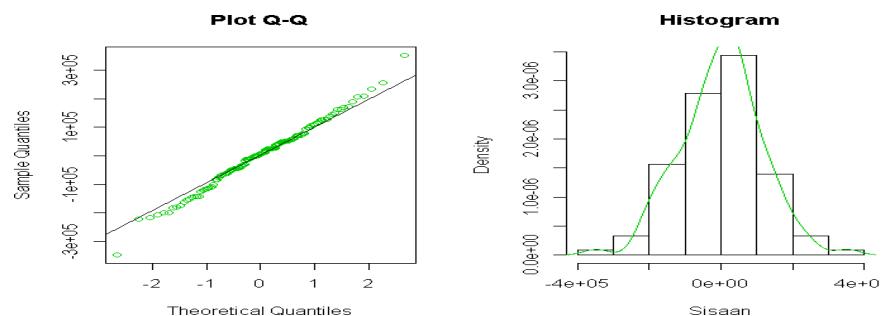
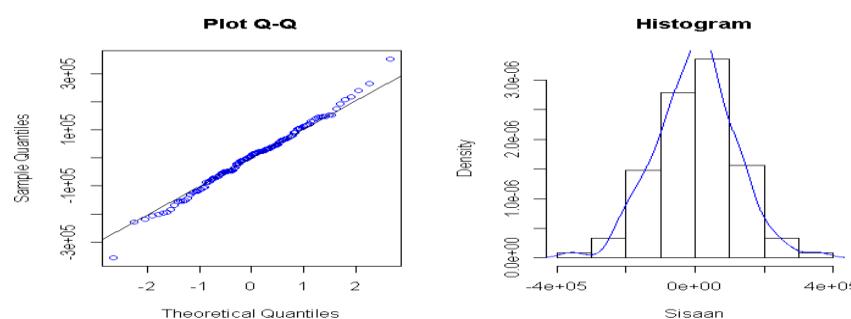
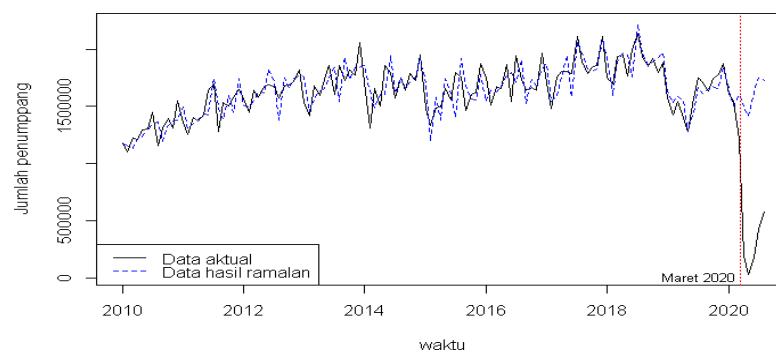
Lampiran 2 Plot data deret waktu jumlah penumpang domestik di Bandara Internasional Soetta dari Januari 2010–Agustus 2021



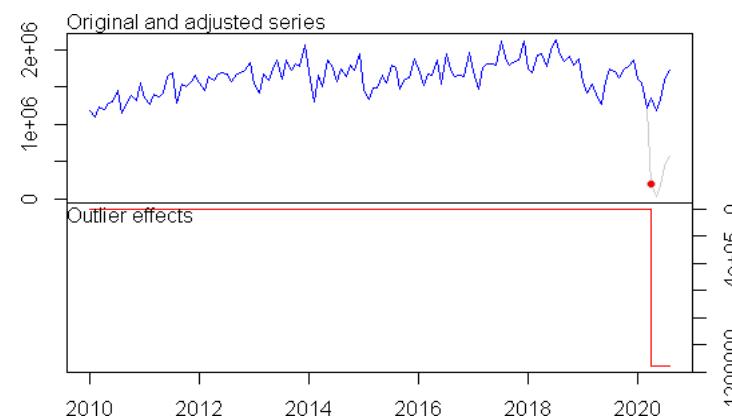
Lampiran 3 Plot ACF dan PACF data sebelum intervensi



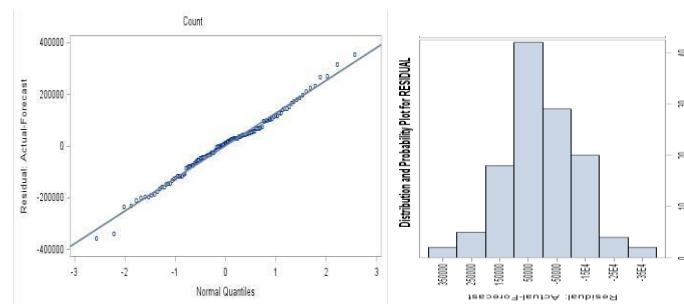
Lampiran 4 Plot ACF dan PACF data sebelum intervensi yang sudah stasioner

Lampiran 5 Plot sebaran normal sisaan model ARIMA(0,1,1)(1,0,0)¹²Lampiran 6 Plot sebaran normal sisaan model ARIMA(2,1,0)(1,0,0)¹²Lampiran 7 Plot data aktual dan plot hasil peramalan model ARIMA(0,1,1)(1,0,0)¹²

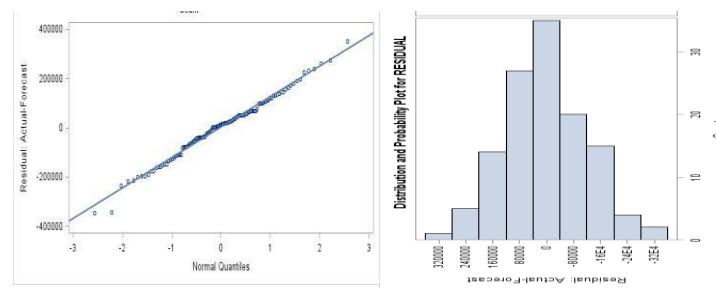
Lampiran 8 Plot pola intervensi



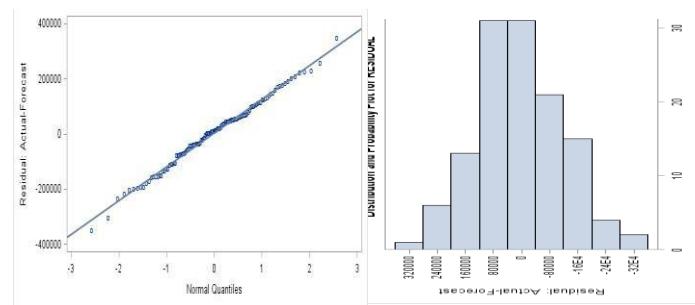
Lampiran 9 Plot sebaran normal sisaan ARIMA(0,1,1)(1,0,0)¹² b = 0, s = 5, r = 1



Lampiran 10 Plot sebaran normal sisaan ARIMA(0,1,1)(1,0,0)¹² b = 0, s = 4, r = 1



Lampiran 11 Plot sebaran normal sisaan ARIMA(0,1,1)(1,0,0)¹² b = 0, s = 3, r = 1





RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Dasan Lian pada 01 Maret 1998 sebagai anak kedua dari pasangan bapak Maksum dan ibu Rafikah. Pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) ditempuh di SMA Negeri 1 Aikmel dan lulus pada tahun 2017. Penulis diterima sebagai mahasiswa program sarjana (S-1) di Program Studi Statistika dan Sain Data di IPB pada tahun 2017 melalui jalur SNMPTN.

Selama mengikuti program S-1, penulis aktif menjadi pengurus di departemen *Community Development*, Unit Kegiatan Mahasiswa *Forum for Scientific Studies* (FORCES) IPB periode 2018/2019 dan 2019/2020 dan anggota divisi Syiar Serum-G Lembaga Dakwah Fakultas MIPA periode 2018/2019. Selain aktif dalam organisasi, penulis juga aktif dalam berbagai kepanitiaan kampus. Pada tahun 2018, penulis menjadi staf divisi Kesekretariatan acara Pekan Inovasi Mahasiswa Pertanian Indonesia dan staf divisi Desain Dekorasi Dokumentasi acara Festival Anak Soleh 9. Penulis juga menjadi staf Divisi Dekorasi dan Dokumentasi acara Statistika Ria ke-14 dan staf divisi *Liaison Officer* acara Pekan Sains Nasional pada tahun 2019. Penulis juga pernah mengikuti lomba *Infographic Competition* di Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta pada tahun 2019 dan terpilih sebagai juara ke-2. Pada Juni sampai Agustus 2020 penulis pernah melakukan praktik lapang di perusahaan survey PT. Indo Jalin Survey.