



Peramalan Penumpang Pelabuhan Terbesar Indonesia Efek Pandemi COVID-19: Pendekatan Pemodelan *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* dan Intervensi

Regita Putri Permata¹, Rifdatun Ni'mah², Irma Octavia Chaniago³

^{1,2,3}Sains Data – Institut Teknologi Telkom Surabaya

²rifdatun@ittelkom-sby.ac.id

³irma.octavia.21@student.ds.ittelkom-sby.ac.id

Corresponding author email: regitapermata@ittelkom-sby.ac.id

Abstract: Forecasting of the movement of port passengers which tends to fluctuate and is uncertain is needed to increase the accuracy of port development. Modeling and forecasting the number of port passengers requires methods that can capture the effect of policies on simplifying human movement during the COVID-19 pandemic, one of which is an intervention model. The SARIMA forecasting model was built from data on the monthly number of passengers at the main domestic ports from January 2006 to February 2023. The results showed that there was a drastic decrease in the four ports in May 2020 due to social modifications. Intervention analysis is able to determine the size and effect of the Covid-19 pandemic on the number of port passengers. The SARIMA Intervention Model is the application of appropriate intervention analysis to explain the dynamics and impacts of interruptions and time series changes in more detail and precisely with seasonal patterns in the data.

Keywords: Intervention Analysis, Covid-19 Pandemic, SARIMA.

Abstrak: Peramalan terhadap pergerakan penumpang pelabuhan yang cenderung fluktuatif dan tidak menentu diperlukan untuk meningkatkan ketepatan pengembangan pelabuhan. Pemodelan dan peramalan jumlah penumpang pelabuhan membutuhkan metode yang dapat menangkap efek kebijakan pembatasan pergerakan manusia selama masa pandemi COVID-19, salah satunya model intervensi. Model peramalan SARIMA dibangun dari data jumlah penumpang secara bulanan di pelabuhan utama dalam negeri mulai periode Januari 2006 hingga Februari 2023. Pembentukan fungsi intervensi ditetapkan pada Maret 2020 sesuai pemberlakuan kebijakan pembatasan pergerakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan drastis pada keempat pelabuhan pada bulan Mei 2020 akibat pembatasan sosial. Analisis intervensi mampu mengetahui besar dan juga efek pandemi Covid-19 terhadap jumlah penumpang pelabuhan. Model Intervensi SARIMA merupakan penerapan analisis intervensi yang tepat untuk menjelaskan dinamika dan dampak interupsi dan perubahan deret waktu secara lebih rinci dan tepat dengan pola musiman pada data.

Kata kunci: Analisis Intervensi, Pandemi Covid-19, SARIMA.

I. PENDAHULUAN

Arus penumpang di pelabuhan cenderung fluktuatif dan tidak menentu. Pengetahuan akan keadaan arus penumpang diperlukan agar pengembangan Pelabuhan yang dilakukan tepat dan berguna. Peramalan terhadap arus penumpang Pelabuhan dapat dilakukan untuk mengetahui bagaimana arus penumpang [1]. Penelitian peramalan arus penumpang pelabuhan telah banyak dilakukan. Pratiwi *et al.* [2] meramal arus penumpang pelabuhan Tanjung Priok dengan menggunakan metode ARIMA Box-Jenkins dan metode variasi kalender ARIMAX. Peramalan arus penumpang pelayaran menggunakan ARIMA Box Jenkins juga diterapkan oleh Farri dan Irhamah [3] untuk Rute Surabaya-Jayapura di Pelabuhan Tanjung Perak. Putri dan Sofro [4] meramalkan jumlah keberangkatan penumpang pelayaran dalam negeri di pelabuhan Tanjung Perak menggunakan metode ARIMA dan SARIMA.

Desember 2019, muncul virus Covid-19 yang menyebabkan pandemi dan meningkat dengan kecepatan drastis hingga mencakup hampir seluruh dunia. Indonesia mengkonfirmasi adanya virus COVID-19 telah menyebar di Indonesia per 1 Maret 2020. Covid-19 menyerang manusia meskipun memiliki tingkat kematian yang rendah dibandingkan dengan sindrom pernapasan akut parah (SARS) dan sindrom pernapasan Timur Tengah (MERS). Virus ini memiliki transmisi yang tinggi menuntut adanya protokol dalam pembatasan pergerakan manusia. Protokol tersebut berimbas pada arus penumpang di pelabuhan yang dibatasi oleh pemerintah. Akibat adanya peristiwa tersebut jumlah penumpang pelabuhan selama pandemi Covid-19 turun secara drastis bahkan pernah tanpa adanya



penumpang sama sekali, padahal sebelumnya berpola musiman naik setiap bulan-bulan libur panjang. Selama Januari–Oktober 2020, jumlah penumpang angkutan laut mencapai 11,7 juta orang atau turun sebesar -40,28% dibanding periode yang sama tahun 2019. Penurunan jumlah penumpang terjadi di semua pelabuhan utama, yaitu Pelabuhan Tanjung Priok sebesar -76,34%, Belawan sebesar -73,36%, Makassar sebesar -67,49%, dan Tanjung Perak sebesar -58,14% [5]. Pemodelan dan peramalan jumlah penumpang pelabuhan membutuhkan metode yang dapat menangkap efek dari kejadian tersebut, salah satunya model intervensi.

Analisis intervensi telah digunakan dalam beberapa penelitian, yaitu Model Analisis Intervensi ARIMA Peramalan Permintaan Pariwisata Selama Pandemi Covid-19 dengan metode ARIMAX dan Pemodelan Intervensi. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa model intervensi memberikan prakiraan lebih akurat dibandingkan ARIMAX serta mampu memberikan besar pengaruh intervensi terhadap jumlah pengunjung internasional yang berkunjung ke Indonesia [6]. Dalam kasus lain, penerapan fungsi step pada intervensi dan pembelajaran mesin ekstrem untuk peramalan penumpang bandara di Sorong. Peneliti mengusulkan beberapa metode untuk meramalkan jumlah penumpang bandara di Sorong salah satunya model ARIMA intervensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa intervensi ARIMA dapat menurunkan nilai MAPE sebesar 45% [7]. Model analisis intervensi sangat tepat digunakan untuk pola data yang memiliki kecenderungan tiba-tiba naik ataupun tiba-tiba turun. Penelitian dengan intervensi juga dilakukan untuk meramalkan jumlah penumpang domestik di Bandara Sultan Hasanuddin. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa intervensi digunakan untuk memodelkan data dengan peristiwa tertentu dalam waktu singkat, seperti kecelakaan, bencana alam, dan promosi [8]. Peramalan dengan model intervensi dalam model SARIMA pernah dilakukan oleh Christie *et al.* [9] untuk memprediksi jumlah pengunjung objek Wisata Londa akibat efek pandemi Covid-19. Penelitian dengan menerapkan analisis intervensi dalam model SARIMA juga dilakukan oleh Widianingsih *et al.* [10] untuk memprediksi data laju inflasi Kota Tasikmalaya akibat adanya adanya kenaikan harga minyak mentah dunia.

Peneliti mengawali pendekatan model deret waktu dengan SARIMA dan akan dilanjutkan dengan penerapan intervensi pada SARIMA untuk menangkap efek perubahan drastis yang diakibatkan oleh pandemi Covid-19. Penelitian ini bertujuan untuk meramalkan arus penumpang pada pelabuhan utama dalam negeri dengan menggunakan model SARIMA dan mempertimbangkan model intervensi akibat efek pandemi Covid-19.

II. METODE PENELITIAN

3.1 Tinjauan Pustaka

1. ARIMA

ARIMA(p,d,q) adalah model deret waktu nonstasioneritas yang diturunkan dari ARMA(p,q) sedemikian rupa sehingga membutuhkan d kali pembeda agar stasioner. Bentuk umum ARIMA (p,d,q) diberikan sebagai berikut [11].

$$\phi_p(B)(1-B)^d Y_t = \theta_q(B)a_t. \quad (1)$$

Model ARIMA perkalian dengan periode musiman s dilambangkan dengan ARIMA (p,d,q)(P,D,Q)^s. Bentuk umum model ARIMA musiman diberikan sebagai berikut.

$$\Phi_P(B^s)\phi_p(B)(1-B)^d(1-B^s)^D \dot{Y}_t = \theta_q(B)\Theta_Q(B^s)a_t, \quad (2)$$

dimana $\phi_p(B)$ dinotasikan sebagai operator AR, $\Phi_P(B^s)$ dinotasikan sebagai operator seasonal AR, $\theta_q(B)$ dinotasikan sebagai operator MA, $\Theta_Q(B^s)$ dinotasikan sebagai operator seasonal MA, dan a_t sebagai residual *white noise* dengan rata-rata nul dan varians konstan σ_a^2 .

2. Analisis Intervensi

Model deret waktu paling populer yang banyak digunakan dalam peramalan data deret waktu adalah model Autoregressive Integrated Moving Average, juga dikenal sebagai model ARIMA. Dalam penerapannya, model ini membutuhkan pemenuhan asumsi stasioneritas pada mean (mean) dan varians dari deret waktu.

Model intervensi adalah model analisis data deret waktu yang awalnya banyak digunakan untuk membahas peristiwa eksternal yang dianggap terkait dengan variabel yang diamati. Untuk prosesnya ikuti ARIMA $(p,d,q)(P,D,Q)^S$ model, bentuk persamaan matematis dapat ditulis [11]:

$$\phi_p(B)\phi_P(B^S)(1-B)^d(1-B^S)^D Y_t = \theta_q(B)\theta_Q(B^S)a_t, \quad (3)$$

atau

$$Y_t = \frac{\theta_q(B)}{\phi_p(B)(1-B)^d} a_t, \quad (4)$$

dengan,

$$\phi_p(B) = (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)$$

$$\theta_q(B) = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q)$$

B adalah *backshift*, sebagai contohnya: $B^k Y_t = Y_{t-k}$.

Jika didefinisikan untuk $N_t = \frac{\theta_q(B)}{\phi_p(B)(1-B)^d} a_t$, maka persamaan (4) dapat dituliskan $Y_t = N_t$.

Persamaan model dari (4), untuk $d = 0$ dapat diartikan bahwa perubahan Y_t adalah sebagai a_t . Jika diperhatikan ada pengaruh dari beberapa kejadian intervensi X_t untuk deret waktu, maka kita dapat menulis model umum sebagai berikut

$$Y_t = f(X_t) + N_t, \quad (5)$$

dengan Y_t adalah variabel respon pada saat t , X_t adalah variabel intervensi dan N_t adalah model *noise* yang mengikuti ARIMA (p,d,q) .

Secara umum ada dua macam variabel intervensi, yaitu fungsi *step* (*step function*) dan fungsi *pulse* (*pulse function*). *Step function* adalah suatu bentuk intervensi yang terjadinya dalam kurun waktu yang panjang. Secara matematik, bentuk intervensi *step function* ini biasanya dinotasikan sebagai berikut

$$X_t = \begin{cases} 0, & t < T \\ 1, & t \geq T \end{cases} \quad (6)$$

dimana T adalah waktu mulainya terjadi intervensi.

Sedangkan *pulse function* adalah suatu bentuk intervensi yang terjadinya hanya dalam suatu waktu tertentu. Secara matematik, bentuk intervensi *pulse function* ini biasanya dinotasikan sebagai berikut

$$X_t = \begin{cases} 0, & t \neq T \\ 1, & t = T \end{cases} \quad (7)$$

dimana T adalah waktu terjadinya intervensi.

3. Ukuran Akurasi Peramalan

Kami menggunakan *Root Mean Square Error of Prediction* (RMSEP) dan *Mean Average Percentage Error* (MAPE) sebagai kriteria pemilihan model. Rumus RMSEP diberikan masing-masing sebagai berikut [11].

$$RMSEP = \sqrt{\frac{\sum_{l=1}^L (Y_{n+l} - \hat{Y}_n(l))^2}{L}} \quad (8)$$

$$MAPE = \frac{\sum_{l=1}^L |Y_{n+l} - \hat{Y}_n(l)|}{Y_{n+1}} \times 100\% \quad (9)$$

dimana Y_{n+1} menunjukkan nilai sebenarnya, $\hat{Y}_n(l)$ menunjukkan nilai perkiraan, dan L menunjukkan horizon perkiraan.

3.2 Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data jumlah penumpang secara bulanan di Pelabuhan terbesar Indonesia periode Januari 2006 sampai dengan Februari 2023 yang diperoleh dari *website* resmi BPS Indonesia, <https://www.bps.go.id/>. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel Penelitian

No	Y_t	Keterangan
1	Y_1	Jumlah penumpang di Pelabuhan Belawan
2	Y_2	Jumlah penumpang di Pelabuhan Tanjung Priok
3	Y_3	Jumlah penumpang di Pelabuhan Tanjung Perak
4	Y_4	Jumlah penumpang di Pelabuhan Makassar

Kejadian intervensi menggunakan tanggal kali pertama ditetapkan pemerintah Kasus COVID-19 di Indonesia pada 2 Maret 2020, sehingga intervensi penelitian ini pada Maret 2020.

3.3 Langkah Analisis

Langkah-langkah analisis data yang dilakukan dengan menggunakan SARIMA dan analisis intervensi adalah sebagai berikut.

- Melakukan pembagian data menjadi dua kelompok berdasarkan penetapan waktu terjadinya intervensi.
 - Kelompok 1: Data sebelum terjadi intervensi (Jan 2006- Feb 2020)
 - Kelompok 2: Data setelah terjadi intervensi hingga data berakhir (April 2020- Feb 2023)
- Membangun model sebelum terjadi intervensi
Membangun model ARIMA untuk data sebelum analisis intervensi (N_t) untuk estimasi dan diagnosis parameter intervensi, yaitu p dan q .
- Peramalan data pada periode intervensi berbasis ARIMA untuk data sebelum intervensi.
- Pembentukan fungsi intervensi
 - Menghitung fungsi respon untuk standarisasi residual model ARIMA sebelum dilakukan intervensi.
 - Identifikasi order b,r,s dari grafik residual yang telah didapatkan.
 - Mengidentifikasi model intervensi menggunakan order intervensi.
 - Melakukan penafsiran dan pengujian signifikansi parameter model intervensi.

- e. Melakukan peramalan menggunakan model dengan kesalahan minimum.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

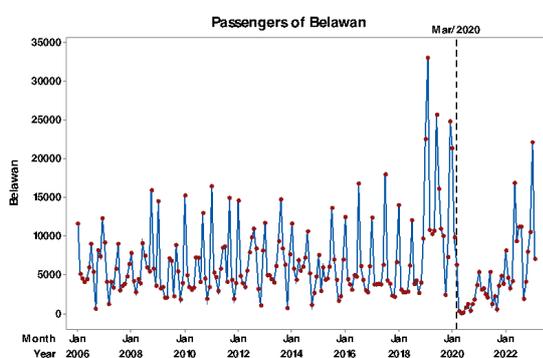
4.1 Karakteristik Data

Tabel 2 menunjukkan karakteristik data berdasarkan statistika deskriptif. Penelitian ini menganalisis dari empat Pelabuhan terbesar di Indonesia yaitu Belawan, Tanjung Priok, Tanjung Perak, dan Makassar.

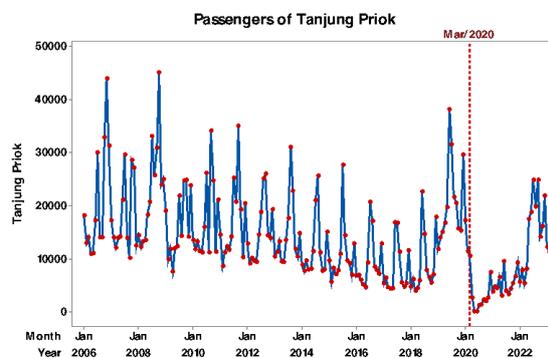
Tabel 2. Statistika Deskriptif Jumlah Penumpang

Statistika Deskriptif	Jumlah Penumpang			
	Belawan	Tanjung Priok	Tanjung Perak	Makassar
Rata-rata	6430,383	13930,621	33671,231	34301,995
Deviasi Standar	5014,927	8396,428	21784,003	15783,780
Minimum	0	30	2810	118
Maksimum	33003	45064	132579	117195

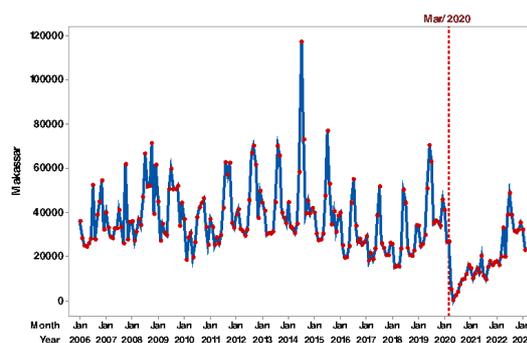
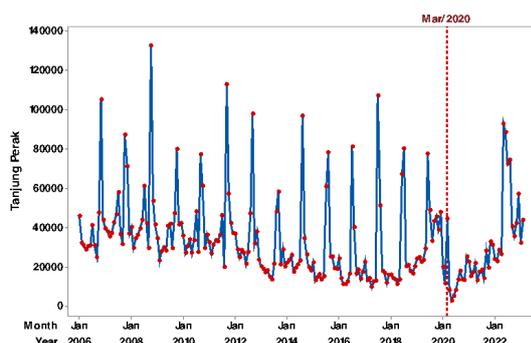
Hasil eksplorasi data jumlah penumpang di empat Pelabuhan terbesar Indonesia menunjukkan bahwa rata-rata jumlah penumpang Makassar lebih besar dari tiga Pelabuhan lainnya dengan mencapai 34302 orang selama kurang lebih 16 tahun. Titik terendah jumlah penumpang nul di Pelabuhan Belawan terjadi pada kasus COVID-19 tinggi di Indonesia yaitu pada Mei 2020. Pada bulan yang sama kondisi jumlah penumpang terendah juga dialami oleh Pelabuhan Tanjung Priok, Tanjung Perak, dan Makassar. Standar deviasi yang beragam dari Pelabuhan tersebut menunjukkan angka tersebut pun beragam.



Gambar 1a.



Gambar 1b.

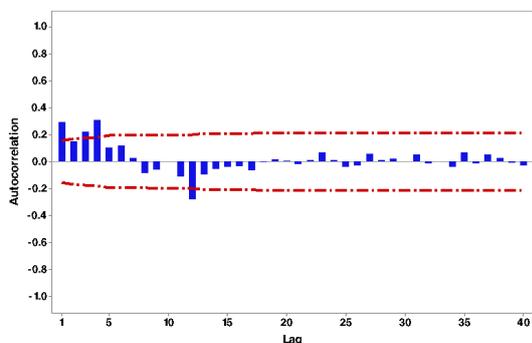
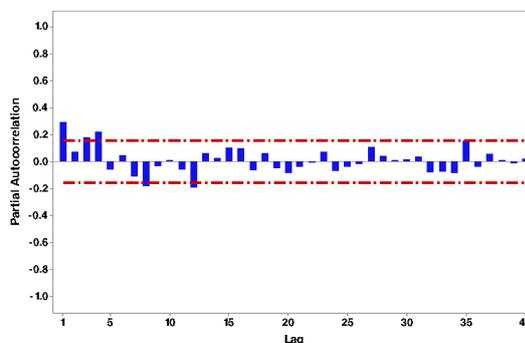


Gambar 1c.
Gambar 1d.
Gambar 1. Pola data Jumlah Penumpang: (1a) Belawan (1b) Tanjung Priok (1c) Tanjung Perak (1d) Makassar

Jumlah penumpang dari empat pelabuhan menunjukkan bahwa data memiliki pola tren, dan pola musiman serta adanya kecenderungan polanya sama setiap tahun. Imbas Covid-19 mengakibatkan jumlah penumpang turun drastis bahkan sebelum bulan Maret 2020. Selama liburan musim, pola musiman yang jelas, seperti pada bulan Juli dan Desember, jumlah penumpang akan meningkat, kemudian menurun di luar musim liburan.

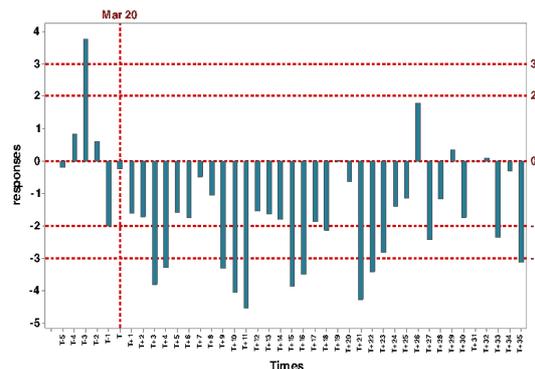
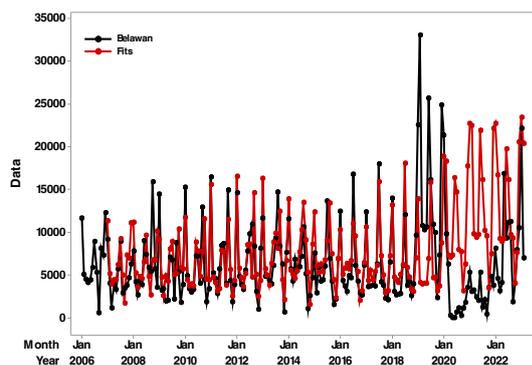
4.2 Pemodelan “Jumlah Penumpang Belawan”

Untuk membangun model ARIMA, data jumlah penumpang Belawan dipotong sebelum tanggal intervensi Maret 2020, sehingga diperoleh 170 data. Untuk membuat deret waktu stabil dan stasioner, digunakan uji ADF yang membuktikan bahwa deret waktu berisi akar unit yang mengambil satu perbedaan, yaitu $d = 12$. Sehingga grafik stasioner ACF dan PACF disajikan pada Gambar 2.


Gambar 2a.

Gambar 2b.
Gambar 2. Plot Korelasi Residual Jumlah Penumpang Belawan: (2a) *Autocorrelation Function* (2b) *Partial Autocorrelation Function*

Hasil dari Gambar 2 dapat diduga sementara melalui plot ACF dan PACF sehingga dugaan model SARIMA $(1,1,0)^{12}$ atau SARIMA $(0,1,1)^{12}$, hasil error minimum dengan model SARIMA $(1,1,0)^{12}$. Bagian ini menyajikan hasil model intervensi dengan mengilustrasikan dampak dari fungsi *step*. Secara matematis, jenis intervensi fungsi *step* dari indikator intervensi deterministik (dummy) ditulis sebagai:

$$S_t = \begin{cases} 0, & t < 172 \\ 1, & t \geq 172 \end{cases}$$



Gambar 3a.

Gambar 3b.

Gambar 3. Pemodelan ARIMA data Jumlah Penumpang Belawan: (3a) Peramalan model SARIMA (1,1,0)¹² (3b) Nilai Respon Residual

Menurut Gambar 3b, dapat dilihat bahwa nilai respon pada waktu mulai dari T+3 memiliki selang kepercayaan lebih dari -3 sampai 3. Jadi kemungkinan $b = 3$, dan orde s mulai dari $T > 3$ yang mana nilainya adalah 1,6,7,8,12,13,17,18,19 serta $r=0$. Estimasi parameter dan uji signifikansi menunjukkan bahwa urutan model ini menghasilkan parameter yang signifikan dengan $s=1,6,8$. Tabel 3 menunjukkan model intervensi output.

Tabel 3. Hasil Estimasi Parameter Model Intervensi “Jumlah Penumpang Belawan”

Parameter	Estimasi	t Value	P-value	Lag	Tipe
AR 1	-0,26029	-3,17	0,0015	12	Signifikan
ω_0	-20216	-4,29	0,0001	0	Signifikan
ω_1	-12589,3	-2,51	0,0122	1	Signifikan
ω_6	9572,3	2,55	0,0107	6	Signifikan
ω_8	-19806,8	-5,78	0,0001	8	Signifikan

Tabel 3 menunjukkan bahwa parameter signifikan sehingga urutan intervensi adalah $b=3$, $s=(1,6,8)$, dan $r=0$. Hal ini menunjukkan bahwa efek pengumuman kasus pertama COVID-19 terhadap penurunan jumlah penumpang terdeteksi pada T+3 atau Juni 2020 sebesar -20.216 orang namun sebenarnya dampak hingga 0 penumpang terjadi pada Mei 2020. Beberapa peristiwa dampak COVID-19 terhadap penurunan jumlah penumpang Belawan pasca intervensi ditunjukkan pada Tabel 4. Namun pada Mei 2022 atau T+26 terdapat efek kenaikan penumpang yaitu dari 4.092 penumpang pada bulan April 2022 menjadi 16.782 penumpang. Bulan Mei 2022 merupakan masa arus mudik-balik 2022 dimana potensi lonjakan penumpang untuk menggunakan kapal laut sebagai moda transportasi. Masa mudik tahun 2022 berbeda dengan tahun 2020 dan 2021 karena masyarakat diperbolehkan mudik pada tahun 2022 dengan adanya syarat perjalanan yang harus dipenuhi yaitu vaksin lengkap, mendapatkan booster atau vaksin dosis ketiga serta tetap menerapkan protokol kesehatan yang ketat.

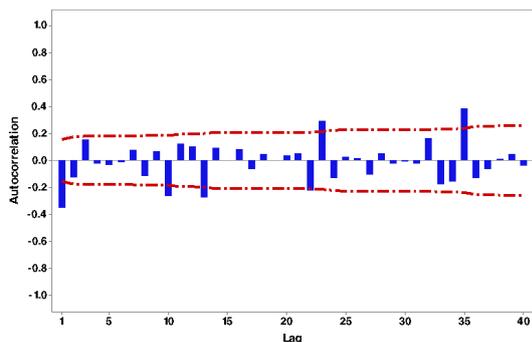
Tabel 4. Peristiwa Efek Covid-19 pada Pelabuhan Belawan

Waktu (t)	Bulan	Peristiwa
T+3	June, 2020	3 bulan setelah dikonfirmasi Pandemi Covid-19 di Indonesia
T+4	Juli, 2020	Kota Medan (lokasi pelabuhan Belawan) masuk ke dalam zona merah yaitu wilayah dengan resiko penyebaran Covid-19 tinggi
T+9	Des, 2020	Kota Medan menjadi satu-satunya wilayah yang masuk kategori risiko tinggi penyebaran virus Corona atau zona merah di Sumatera Utara.
T+11	Feb, 2021	Bulan Januari-Februari merupakan bulan dimana terjadinya musiman jumlah penumpang meningkat karena liburan. Namun pada Februari 2021 terdapat jenis Covid-19 varian Beta sehingga PPKM mikro se-Jawa-Bali ditingkatkan

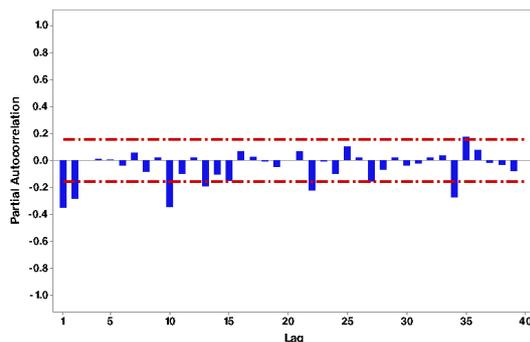
Untuk menghindari kasus Covid-19 yang semakin tinggi, pada tahun 2021 pelabuhan Belawan selalu menerapkan protocol kesehatan dengan ketat, serta adanya vaksin gratis [12]. Jadi model intervensi untuk jumlah penumpang Belawan ditunjukkan pada persamaan 10.

4.3 Pemodelan “Jumlah Penumpang Tanjung Priok”

Langkah pertama pemodelan dengan ARIMA adalah mendeteksi stasioneritas data. Pola data jumlah penumpang Tanjung Priok tidak stasioner sehingga distasionerkan dengan $d=1$ dan $D=1$ pada order musiman.



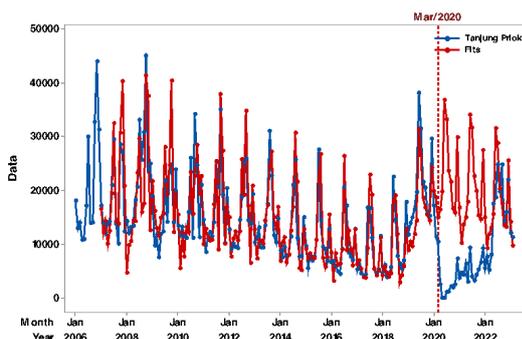
Gambar 4a.



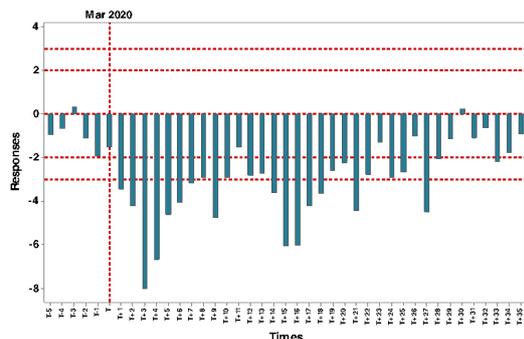
Gambar 4b.

Gambar 4. Plot Korelasi Residual Jumlah Penumpang Tanjung Priok: (4a) *Autocorrelation Function* (4b) *Partial Autocorrelation Function*

Gambar (4a) dan (4b) menunjukkan bahwa lag ACF diluar batas interval kepercayaan adalah lag 1,10,13,24, sedangkan lag PACF yang berada diluar batas interval adalah lag 1,2,10,13,22. Lag PACF menandakan ada komponen musiman, maka dugaan sementara model adalah SARIMA (0,0,2) (0,1,0)¹² atau SARIMA ([1,2,3,13,23],0,0) (0,1,0)¹². Model yang dipilih adalah SARIMA (2,0,0)(3,1,0)¹² dengan nilai MSE minimum.



Gambar 5a.



Gambar 5b.

Gambar 5. Pemodelan ARIMA data Jumlah Penumpang Tanjung Priok: (5a) Peramalan model SARIMA ([1,2,3,13,23],0,0) (0,1,0)¹² (5b) Nilai Respon Residual

Gambar 5b dapat dilihat bahwa nilai respon setelah T+1 lebih besar dari interval kepercayaan. Pengaruh COVID-19 terhadap jumlah penumpang Tanjung Priok menurun hingga T+16. Artinya pasca kejadian COVID-19 sangat membuat jumlah penumpang Tanjung Priok turun drastis selama kurang lebih 16 bulan. Sehingga kemungkinan order $b=2$, $s = (1,2,3,4,6,8,13,14,15,16,17)$ dan untuk order s signifikan adalah $s=(3,6,8,15)$, dan $r=0$. Untuk memudahkan interpretasi set $r = 0$. T+1 atau April 2020, jumlah penumpang Tanjung Priok turun pasca intervensi. Estimasi parameter dan uji

signifikansi menunjukkan bahwa urutan model ini menghasilkan parameter yang signifikan dapat dilihat dari Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Estimasi Parameter Model Intervensi “Jumlah Penumpang Tanjung Priok”

Parameter	Estimasi	t Value	P-value	Lag	Tipe
AR 1	-0,487	-6,77	0,0001	1	Signifikan
AR 2	-0,328	-4,5	0,0001	2	Signifikan
AR 10	-0,294	-3,9	0,0001	10	Signifikan
AR 13	-0,225	-3,02	0,0025	13	Signifikan
AR 22	-0,145	-1,96	0,0504	22	Signifikan
ω_0	-10717,5	-6,1	0,0001	0	Signifikan
ω_3	-17601,3	-6,45	0,0001	3	Signifikan
ω_6	9477,3	2,91	0,0036	6	Signifikan
ω_8	-5945,8	-2,22	0,0267	8	Signifikan
ω_{15}	3576,7	2,66	0,0079	15	Signifikan

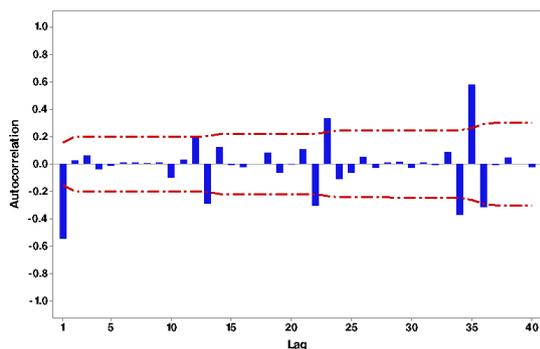
Tabel 5 menunjukkan bahwa parameter signifikan sehingga urutan intervensi adalah $b=1$, $s = (3,6,8,15)$, dan $r=0$ serta model SARIMA([1,2,10,13,22],1,0)(0,1,0)¹². Hal ini menunjukkan bahwa efek pengumuman kasus pertama COVID-19 terhadap penurunan jumlah penumpang terdeteksi pada T+1 atau April 2020 sebesar -10717,5 orang. Beberapa peristiwa dampak COVID-19 terhadap penurunan jumlah penumpang Tanjung Priok pasca intervensi ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Peristiwa Efek Covid-19 pada Pelabuhan Tanjung Priok

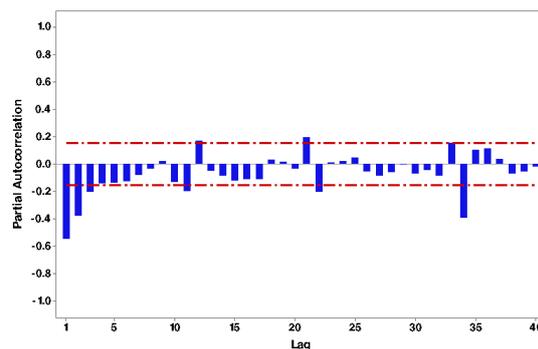
Waktu (t)	Bulan	Peristiwa
T+1	April 2020	Satu bulan setelah dikonfirmasi pandemi Covid-19 di Indonesia
T+4	Juli 2020	Lonjakan kasus Covid-19 pada masa PSBB transisi 2
T+7	Oktober 2020	Kasus lonjakan Covid-19 masih tinggi sehingga masih ada peraturan pembatasan sosial
T+16	Juli 2021	Peningkatan kasus Covid-19 akibat varian Delta, dengan kecepatan penularan 6x lebih cepat. pemerintah saat itu menetapkan kebijakan Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan Masyarakat (PPKM) Darurat di berbagai kabupaten/kota di Jawa-Bali.

4.4 Pemodelan “Jumlah Penumpang Tanjung Perak”

Pemodelan pada jumlah penumpang Tanjung Perak perlu distasionerkan dengan $d=1$, $D=1$ untuk order nonmusiman dan musiman.



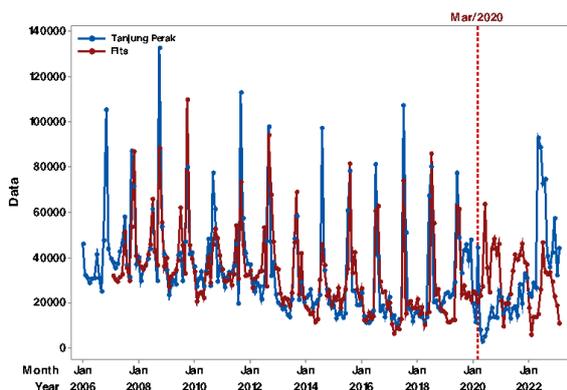
Gambar 6a.



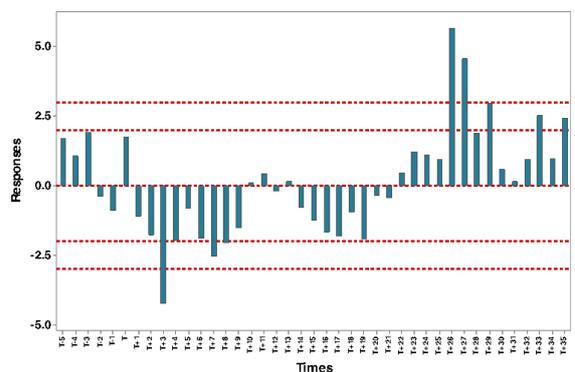
Gambar 6b.

Gambar 6. Plot Korelasi Residual Jumlah Penumpang Tanjung Perak: (6a) *Autocorrelation Function* (6b) *Partial Autocorrelation Function*

Gambar 6 menunjukkan hasil *plot* ACF dan PACF yang sudah stasioner, didapatkan pola ACF ada pola musiman yang tertangkap yaitu pada lag 13, 22, 23, 34, 35 dan 36. Sedangkan pola lag pada PACF *diesdown* untuk pola nonmusiman, dan menangkap pola musiman pada lag 11,12, 21,22, dan 34. Dugaan model SARIMA untuk jumlah penumpang di Tanjung Perak adalah SARIMA $(0,1,[1,13,22,23,34,35,36]) (0,1,0)^{12}$ atau SARIMA $([1,2,3,13,22,23,34,35,36],1,0)(0,1,0)^{12}$. Nilai MS minimum pada model SARIMA $(0,1,[1,13,22,23,34,35,36])(0,1,0)^{12}$.



Gambar 7a.



Gambar 7b.

Gambar 7. Pemodelan ARIMA data Jumlah Penumpang Tanjung Perak: (7a) Peramalan model SARIMA (7b) Nilai Respon Residual

Gambar 7a menunjukkan bahwa *fit* yang diprediksi dengan SARIMA tidak mampu menangkap beberapa kejadian setelah intervensi. Gambar 7b menunjukkan bahwa intervensi efek Covid-19 pada penurunan jumlah penumpang di Tanjung Perak terjadi pada T+3 atau pada bulan Juni 2020. Kemungkinan order yang tepat untuk kasus ini adalah $b=3$, $s=23$ dan 24 menggunakan interval -3 sampai 3, sedangkan $r=0$. Model SARIMA signifikan pada lag 1, 23, 34, dan 35 sehingga menggunakan model SARIMA $(0,1,[1,23,34,35])(0,1,0)^{12}$. Jumlah penumpang biasanya meningkat pada bulan Juni atau Juli. Dalam kasus ini, jumlah penumpang Bulan Juni 2020 terjadi peningkatan sebesar 79% dari kondisi paling buruk di Bulan Mei 2020 sebesar 2.810 menjadi 5.048 penumpang.

Tabel 7. Hasil Estimasi Parameter Model Intervensi “Jumlah Penumpang Tanjung Perak”

Parameter	Estimasi	t Value	P-value	Lag	Tipe
MA 1	0,596	6,82	0,0001	1	Signifikan
MA 23	-0,201	-2,05	0,0408	23	Signifikan

Parameter	Estimasi	t Value	P-value	Lag	Tipe
MA 34	0,325	3,03	0,0024	34	Signifikan
MA 35	-0,562	-4,48	0,0001	35	Signifikan
ω_0	1435	1,1	0,2724	0	Signifikan
ω_{23}	-82498,8	-6,09	0,0001	23	Signifikan
ω_{24}	92913,6	6,47	0,0001	24	Signifikan

Pada Tabel 7 menunjukkan bahwa parameter signifikan order intervensi adalah $b=3$, $s = (23$ dan $24)$, dan $r=0$. Untuk model SARIMA([1,23,24],1,0)(0,1,0)¹². Beberapa peristiwa dampak COVID-19 terhadap penurunan jumlah penumpang Tanjung Perak pasca intervensi ditunjukkan pada Tabel 8.

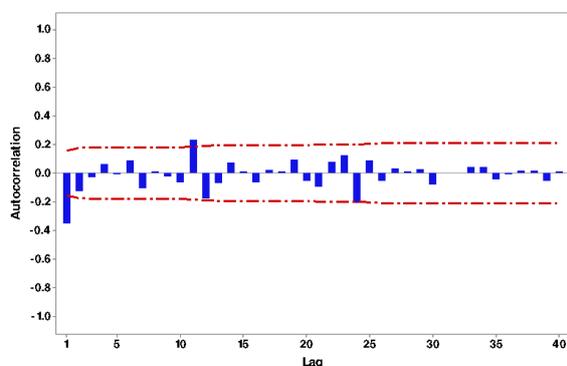
Tabel 8. Peristiwa Efek Covid-19 pada Pelabuhan Tanjung Perak

Waktu (t)	Bulan	Peristiwa
T+3	Juni 2020	3 bulan setelah dikonfirmasi adanya Covid-19. Adanya pola peningkatan pertama setelah terjadinya penurunan drastis di bulan Mei 2020.
T+26	Mei 2022	Efek positif melonjaknya jumlah penumpang
T+27	Juni 2022	Efek positif melonjak jumlah penumpang

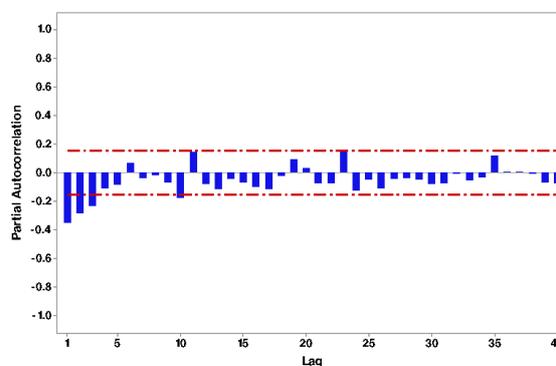
Mei dan Juni 2020 dalam prediksi harusnya meningkat jumlah penumpang karena efek musiman. Namun adanya fakta efek pandemi COVID-19 jumlah penumpang di Tanjung Perak turun drastis. Peningkatan jumlah penumpang mulai terasa imbasnya setelah T+23 atau Februari 2022 sampai Juni 2022. Namun efek positif sangat terasa pada Mei dan Juni 2022. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah penumpang kapal pesiar yang berangkat dari pelabuhan Tanjung Perak di Surabaya, Jawa Timur, meningkat 609,89 *year-on-year* menjadi 92.790 di bulan Mei. Hal ini disebabkan liburan Idul Fitri, serta perjalanan penumpang meningkat. Pemerintah mengizinkan masyarakat mudik untuk Idul Fitri tahun 2022.

4.5 Pemodelan “Jumlah Penumpang Pelabuhan Makassar”

Pemodelan pada jumlah penumpang Pelabuhan Makassar dengan melakukan stasioneritas data dengan *differencing* nonmusiman dan musiman $d=1$ dan $D=1$. Berikut ditampilkan plot korelasi residual pada Gambar 8.



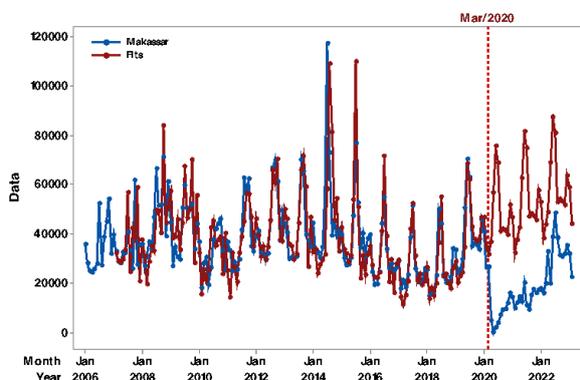
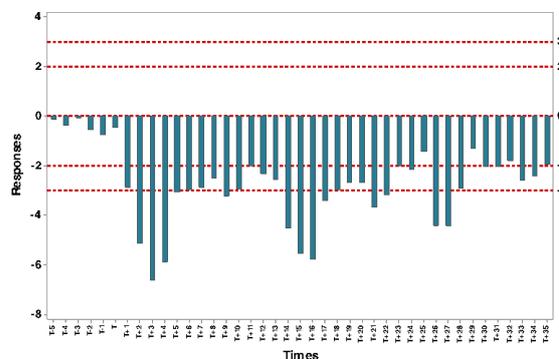
Gambar 8a.



Gambar 8b.

Gambar 8. Plot Korelasi Residual Jumlah Penumpang Makassar: (8a) *Autocorrelation Function* (8b) *Partial Autocorrelation Function*

Menurut Gambar 8 dapat diduga model ARIMA sementara berdasarkan *lag* signifikan dari ACF dan PACF adalah Model SARIMA (3,1,0) (0,1,0)¹² atau SARIMA(0,1,1) (0,1,1)¹², model yang digunakan dengan MSE minimum adalah SARIMA (0,1,1) (0,1,1)¹².


Gambar 9a.

Gambar 9b.

Gambar 9. Pemodelan ARIMA data Jumlah Penumpang Makassar: (9a) Peramalan model SARIMA (9b) Nilai Respon Residual

Menurut Gambar (9a), justifikasi model SARIMA yang digunakan tidak mampu memprediksi data aktual penumpang pelabuhan Makassar setelah dikonfirmasi terjadi Covid-19. Gambar (9b) menunjukkan bahwa nilai respon pada waktu mulai dari $T+2$ dengan selang kepercayaan lebih dari -3 sampai 3 . Jadi kemungkinan nilai respon order $b = 2$, dan orde s mulai dari $T > 2$ yang mana nilainya adalah 1,2,12,13,14,15,19,20,24,25 serta $r=0$. Setelah dilakukan estimasi parameter model intervensi dengan nilai respon s signifikan adalah 1 dan 13.

Tabel 9. Hasil Estimasi Parameter Model Intervensi “Jumlah Penumpang Makassar”

Parameter	Estimasi	t Value	P-value	Lag	Tipe
MA 1	0,6288	10,48	0,0001	1	Signifikan
MA 12	0,3892	5,33	0,0001	12	Signifikan
ω_0	-42885,7	-5,01	0,0001	0	Signifikan
ω_1	-47531,8	-5,2	0,0001	1	Signifikan
ω_{13}	4637,3	2,54	0,0110	13	Signifikan

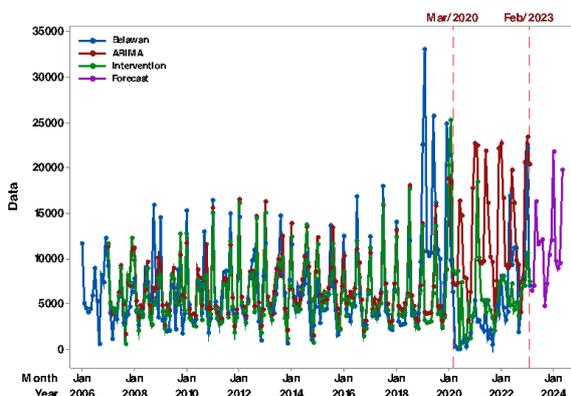
Estimasi parameter pada tabel 9 menunjukkan signifikan. Dari Tabel 9 terlihat bahwa setelah kejadian intervensi dua bulan, COVID-19 berdampak $-42.885,7$ pada jumlah penumpang pelabuhan Makassar. Beberapa kejadian dampak COVID-19 terhadap penurunan jumlah penumpang setelah kejadian intervensi ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Peristiwa Efek Covid-19 pada Pelabuhan Makassar

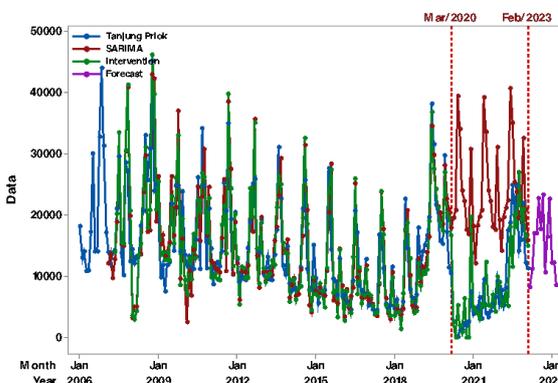
Waktu (t)	Bulan	Peristiwa
T+2	Mei 2020	2 bulan setelah dikonfirmasi adanya Covid-19. Adanya penurunan drastis di bulan Mei 2020. Imbas <i>social distancing</i>
T+3	Juni 2020	Adanya pola peningkatan pertama setelah terjadinya penurunan drastis di bulan Mei 2020.
T+16	Juli 2021	Pemerintah saat itu menetapkan kebijakan Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan Masyarakat (PPKM) Darurat di berbagai kabupaten/kota di Jawa-Bali.

4.6 Peramalan Model Intervensi

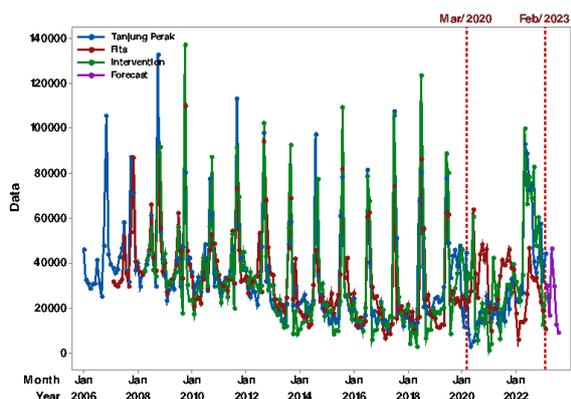
Pemodelan intervensi yang telah dilakukan dapat menghitung hasil peramalan jumlah penumpang selama 12 bulan mendatang disajikan pada Gambar 10.



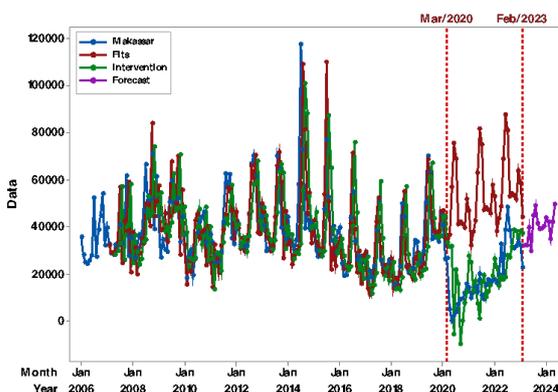
Gambar 10a.



Gambar 10b.



Gambar 10c.



Gambar 10d.

Gambar 10. Peramalan Jumlah Penumpang;(10a) Belawan (10b) Tanjung Priok (10c) Tanjung Perak (10d) Makassar

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis mengenai penelitian jumlah penumpang Pelabuhan terbesar di Indonesia menunjukkan bahwa pandemic Covid-19 sangat berdampak signifikan pada pola dan tren jumlah penumpang yang menyebabkan penurunan drastis dari Maret hingga Juni 2020. Efek intervensi dari pandemic Indonesia terhadap jumlah penumpang kapal diterapkan pada bulan Maret 2020. Adanya efek tak terduga yang terjadi pada bulan Mei dan Juni 2022 untuk ke-empat pelabuhan utama tersebut. Hal positif ini disebabkan oleh liburan Idul Fitri, serta perjalanan penumpang meningkat. Pemerintah mengizinkan masyarakat mudik untuk Idul Fitri tahun ini. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model Intervensi SARIMA merupakan penerapan analisis intervensi yang tepat untuk menjelaskan dinamika dan dampak interupsi dan perubahan deret waktu secara lebih rinci dan tepat. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah menggunakan deteksi outlier, sehingga outlier dapat diidentifikasi dan model intervensi dapat terdistribusi secara normal.

UCAPAN TERIMA KASIH

**REFERENSI**

1. B. P. Dewani, S. Suhartono and M. S. Akbar, "Peramalan Jumlah Penumpang dan Barang di Bandar Udara Internasional Juanda dan Pelabuhan Tanjung Perak Menggunakan Model Hybrid ARIMAX dan Deep Learning Neural Networks," *Inferensi*, vol. 2, no. 1, pp. 1-11, 2019.
2. A. Pratiwi, D. Safitri and B. Warsito, "Peramalan Penumpang Pelayaran Dalam Negeri di Pelabuhan Tanjung Priok dengan Metode Arima Box-Jenkins dan Metode Variasi Kalender Arimax," *Statistika*, vol. 6, no. 1, pp. 56-64, Mei 2018.
3. E. A. Farri and I. Irhamah, "Peramalan Penumpang Angkutan Laut Rute Surabaya-Jayapura di PT Pelayaran Nasional Indonesia (Persero) Cabang Surabaya," *Jurnal Sains dan Seni ITS*, vol. 8, no. 2, pp. 169-176, 2020.
4. S. Putri and A. Sofro, "Peralaman Jumlah Keberangkatan Penumpang Pelayaran Dalam Negeri di Pelabuhan Tanjung Perak Menggunakan Metode Arima dan Sarima," *MATHunesa Jurnal Ilmiah Matematika*, vol. 10, no. 1, pp. 61-67, 2022.
5. Office of Chief Economist, "Daily Economic and Market Review," Bank Mandiri, Jakarta, 2020.
6. F. Rianda and H. Usman, "Forecasting Tourism Demand during the COVID-19 Pandemic: ARIMAX and Intervention Modelling Approaches," *Journal of Mathematics and Its Applications*, vol. 17, no. 1, p. 0285–0294, 2023.
7. N. Faizin, A. Fauzan and A. H. Primandari, "Implementation of the Step Function Intervention and Extreme Learning Machine for Forecasting the Passenger's Airport in Sorong," *Journal of Mathematics and Its Applications*, vol. 17, no. 1, p. 0535–0544, 2023.
8. A. F. Sustrisno, R. and I. Setiawan, "Intervention Model Analysis the Number of Domestic Passengers at Sultan Hasanuddin Airports," *Journal of Statistics*, vol. 1 nomor 1, pp. 41-49, 2021.
9. G. Christie, D. Hatidja and R. Tumilaar, "Penerapan Metode SARIMA dalam Model Intervensi Fungsi Step untuk Memprediksi Jumlah Pegunjung Objek Wisata Londa (Application of the SARIMA Method in the Step Function Intervention to Predict the Number of Visitors at Londa Tourism Object)," *JURNAL ILMIAH SAINS*, vol. 22, no. 2, pp. 96-103, 2022.
10. P. Widianingsih, G. Darmawan and N. Sunengsih, "Analisis Intervensi dalam Model SARIMA untuk Memprediksi Laju Inflasi di Kota Tasikmalaya," *Formosa Journal of Science and Technology*, vol. 1, no. 4, pp. 293-304, 2022.
11. W. W. S. Wei, *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods*. 2nd edition, USA: Pearson Education Inc., 2006.
12. Dinas Kominfo Kota Medan, "Wali Kota Medan Tinjau Pelaksanaan Vaksinasi Massal di Polresta Pelabuhan Belawan," Pemerintah Kota Medan, 5 Juli 2021. [Online]. Available: <https://pkk.pemkomedan.go.id/artikel-21268-wali-kota-medan-tinjau-pelaksanaan-vaksinasi-massal-di-polresta-pelabuhan-belawan.html>. [Accessed 29 Mei 2023].
13. W. S. Wei, *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*, Second Edition, United States: Pearson Education, Inc, 2006.