

Peramalan Jumlah Penumpang Pesawat Terbang di Pintu Kedatangan Bandar Udara Internasional Lombok dengan Metode ARIMA Box-Jenkins, ARIMAX, dan Regresi *Time Series*

Juniar Iqbalullah dan Wiwiek Setya Winahju
 Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
 Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
e-mail: wiiwiek.statistika@gmail.com

Abstrak—Meningkatnya jumlah penduduk berbanding lurus dengan permintaan jasa transportasi khususnya jasa transportasi udara. Menteri Perhubungan mengatakan, peningkatan itu dapat dilihat dari jumlah penumpang moda udara pada 2011 yang mencapai 68,349 juta penumpang. Jumlah pengguna jasa transportasi udara melalui berbagai bandara yang ada di Indonesia tersebut meningkat pada 2013 mencapai 85,176 juta penumpang. Untuk itu, Kementerian Perhubungan terus berupaya meningkatkan dan mengembangkan sejumlah infrastruktur bandara guna mengimbangi meningkatnya kebutuhan masyarakat. Fenomena kenaikan jumlah penumpang pesawat pada periode mendatang dapat dianalisis menggunakan disiplin ilmu statistika, yaitu dengan analisis deret waktu yaitu dengan metode-metode seperti ARIMA Box-Jenkins, ARIMAX dan Regresi *Time Series*. Berdasarkan kriteria *Out Sample*, maka model terbaik yang digunakan untuk meramal-kan jumlah penumpang pesawat terbang domestik di pintu kedatangan Bandar Udara Internasional Lombok adalah model ARIMA Box-Jenkins, yaitu model ARIMA (1,1,1)(1,0,1)¹² karena memiliki nilai RMSE, MAPE, dan SMAPE yang minimum dibandingkan yang lain.

Kata Kunci—penumpang, pesawat, ARIMA Box-Jenkins, ARIMAX, Regresi *Time Series*, RMSE, MAPE, SMAPE.

I. PENDAHULUAN

BERDASARKAN sensus penduduk pada bulan agustus 2010, te-lah terjadi peningkatan jumlah penduduk Indonesiasekitar 20 juta jiwa dari data sensus penduduk sebelumnya dengan pertumbuhan penduduk sebesar 1,49% per ta-hun, diperkirakan jumlahnya mencapai 250 juta jiwa pada tahun 2013 [1]. Kementerian Perhubungan mencatat tren pe-ningkatan kebutuhan masyarakat terhadap jasa transportasi udara untuk mendukung efektivitas dan kelancaran berbagai aktivitas masyarakat. Dalam peresmian enam bandara di Bandara Internasional Kualanamu di Deliserdang Sumatera Utara, Menteri Perhubungan mengatakan, peningkatan itu dapat dilihat dari jumlah penumpang moda udara pada tahun 2011 yang mencapai 68,349 juta penumpang. Jumlah peng-guna jasa transportasi udara melalui berbagai bandara yang ada di Tanah Air tersebut meningkat pada tahun 2013 men-capai 85,176 juta penumpang. Menteri Perhubungan menyatakan, transportasi memiliki peranan strategis, bahkan menjadi salah satu kebutuhan utama masyarakat, terutama jasa transportasi udara. Untuk itu, Kementerian Perhubungan terus berupaya

meningkatkan dan mengembangkan sejumlah infrastruktur bandara guna mengimbangi meningkatnya kebutuhan masyarakat.

Fenomena kenaikan jumlah penumpang pesawat pada periode mendatang dapat dianalisis menggunakan disiplin ilmu statistika, yaitu dengan *time series analysis*. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk meramalkan jumlah penumpang pesawat terbang. Penelitian seperti [2] melakukan pemodelan dan peramalan jumlah penumpang dan pesawat di terminal kedatangan internasional Bandara Juanda Surabaya dengan metode variasi kalender. Dalam penelitian ini, menunjukkan bahwa metode variasi kalender masih belum lebih baik dari ARIMA Box-Jenkins. Selanjutnya [3] melakukan peramalan jumlah penumpang pesawat terbang di Bandar Udara Juanda dengan menggunakan metode ARIMA dan Fungsi Transfer. Dalam penelitian ini, menunjukkan bahwa metode ARIMA masih lebih baik untuk meramalkan jum-lah penumpang pesawat daripada metode Fungsi Transfer. Berdasarkan paparan diatas, penelitian ini menggunakan metode ARIMA Box-Jenkins, ARIMAX, dan Regresi *Time Series*. Tujuan dari penelitian ini yaitu mendapatkan model-model terbaik dari metode-metode tersebut, lalu model ter-baik dari metode-metode tersebut dibandingkan untuk men-dapatkan model terbaik dalam meramalkan jumlah penumpang pesawat terbang domestik di pintu kedatangan Bandar Udara Internasional Lombok.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Analisis Deret Waktu (*Time Series*)

Time series merupakan serangkaian observasi terhadap suatu variabel yang diambil secara berurutan berdasarkan interval waktu yang tetap [4]. Rangkaian data pengamatan *time series* dinyatakan dengan variabel Z_t dimana t adalah indeks waktu dari urutan pengamatan.

B. Model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

Model ARIMA (p,d,q) yang dikenalkan oleh [5] dengan orde p sebagai operator dari AR, orde d merupakan *differencing*, dan orde q sebagai operator dari MA. Model ini digunakan untuk data *time series* yang telah di *differencing* atau sudah stasioner dalam mean, dimana d adalah orde *differencing*. Bentuk persamaan untuk model ARIMA adalah [4]:

$$\phi_p(B)(1-B)^d Z_t = \theta_0 + \theta_q(B)a_t$$

dimana fungsi orde (p) untuk operator dari AR yang telah stasioner:

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

dan fungsi dari orde (q) untuk operator MA yang telah stasioner:

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

Bentuk fungsi persamaan model ARIMA musiman adalah:

$$\Phi_p(B^s)\phi_p(B)(1-B)^d(1-B^s)^p Z_t = \theta_q(B)\Theta_q(B^s)a_t$$

Model ini dinotasikan dengan ARIMA (p,d,q) (P,D,Q)^s yang mempunyai faktor musiman dalam pengamatan waktu ke- t .

C. Outlier dalam Time Series

Data *time series* seringkali dipengaruhi oleh kejadian eksternal. Suatu kejadian yang diketahui, dapat dijelaskan pengaruhnya melalui model intervensi, tetapi, jika kejadian tersebut awalnya tidak diketahui, atau jika saat peristiwa tidak diketahui, maka pendekatan-pendekatan lain yang diperlukan untuk deteksi dan penyesuaian [6]. Suatu observasi diperlukan dalam deteksi dan penyesuaian terhadap pengaruh dari kejadian yang tidak diketahui atau tidak terduga. Observasi ini biasa disebut sebagai *outlier*. Tergantung pada sifatnya, *outlier* mungkin moderat untuk dampak besar pada analisis.

Beberapa jenis *outlier* yang diketahui yaitu *Additive outlier* (AO), *innovational outlier* (IO), *Level Shift* (LS), dan *Temporary Change* (TC). Salah satu solusi untuk mengatasi adanya *outlier* ini adalah dengan menyisipkan variabel *dummy* (I_t). Variabel *dummy* yang dipakai dalam kasus deteksi *outlier* ini seringkali juga disebut sebagai variabel intervensi. Variabel ini tergantung pada jenis *outlier* yang ada.

Suatu *Additive outlier* (AO) memberikan pengaruhnya pada pengamatan ke- T , sedangkan *innovational outlier* (IO) berpengaruh pada pengamatan ke- T , $T+1$, dan seterusnya [4]. Model *outlier* umum dengan k *outlier* yang beragam dapat dituliskan sebagai berikut.

$$Z_t = \sum_{j=1}^k \beta_j v_j(B) I_t^{(T_j)} + X_t$$

dengan

$$X_t = \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t$$

$$v_j(B) = \begin{cases} \mathbf{1} & \text{untuk AO} \\ \frac{\theta(B)}{\phi(B)} & \text{untuk IO} \end{cases}$$

$I_t^{(T_j)}$: variabel *outlier* pada waktu ke- T_j dan dinotasikan sebagai berikut.

$$I_t^{(T_j)} = \begin{cases} \mathbf{1}, & t = T_j \\ \mathbf{0}, & t \neq T_j \end{cases}$$

Level Shift (LS) adalah kejadian yang mempengaruhi deret pada satu waktu tertentu yang memberikan perubahan tiba-tiba dan permanen. Model *outlier* LS dinyatakan sebagai berikut.

$$Z_t = X_t + \frac{1}{(1-B)} \beta I_t^{(T)}$$

Temporary Changes (TC) adalah satu kejadian dimana *outlier* menghasilkan efek awal sebesar dilakukan β pada waktu t , kemudian secara perlahan sesuai dengan besarnya δ . Model dapat disajikan sebagai berikut.

$$Z_t = X_t + \frac{1}{(1-\delta B)} \beta I_t^{(T)}$$

Pada saat $\delta=0$ maka TC akan menjadi kasus *additive outlier* (AO) sedangkan pada saat $\delta=1$ maka TC akan menjadi kasus *level shift* (LS). Model ARIMA dengan *outlier* secara umum dituliskan sebagai berikut.

$$Z_t = \sum_{j=1}^k \varpi_j v_j(B) I_j^{(T_j)} + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t$$

D. Regresi Time Series

Analisis regresi adalah metode yang digunakan untuk mencari hubungan antara variabel respon dengan variabel prediktor. Berikut model regresi untuk k variabel prediktor dan jumlah pengamatan sebanyak n :

$$y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_{ij} + \varepsilon_i$$

dimana $i = 1, 2, \dots, n$ dan *error* (ε_i) diasumsikan identik, independen, dan berdistribusi normal $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$ [7].

Penaksiran parameter menggunakan metode estimasi parameter *Ordinal Least Square* (OLS), yang digunakan untuk meminimumkan jumlah kuadrat *error* [8]. Persamaan regresi dapat dinotasikan dalam bentuk matriks sebagai berikut.

$$Y = X\beta + \varepsilon$$

Regresi robust merupakan metode regresi yang digunakan untuk menganalisis ketika distribusi tidak normal atau adanya *outlier* yang mempengaruhi model, sehingga model yang dihasilkan robust atau resistance [9].

LTS merupakan metode estimasi parameter regresi robust untuk meminimumkan jumlah kuadrat sebanyak h residual (fungsi objektif) [9].

$$\sum_{i=1}^h e_{(i)}^2$$

dengan $h = [n/2] + [(k+2)/2]$

keterangan :

$e_{(i)}^2$: Kuadrat residual yang diurutkan dari terkecil ke terbesar

$e_{(1)}^2 < e_{(2)}^2 < e_{(3)}^2 < \dots < e_{(n)}^2$

k : Banyaknya variabel prediktor

n : Banyaknya pengamatan

LTS meminimumkan *trimmed sum Square of residuals*, dengan membiarkan pengamatan yang berpotensi *outlier* memiliki residual besar. Penaksiran parameter dilakukan hingga proses *Final Weight Least Square* (FWLS).

E. Kriteria Pemilihan Model Terbaik

Kriteria pemilihan model terbaik, dapat dibagi menjadi dua yakni kriteria untuk *in sample* dan *out sample*. Untuk kriteria *in sample*, menggunakan AIC (*Akaike's Information Criterion*), sedangkan untuk kriteria *out sample* menggunakan RMSE (*Root of Mean Square Error*), MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*), dan SMAPE (*Symmetric Mean Absolute Percentage Error*).

Rujukan [4] menjelaskan, salah satu pemilihan model terbaik dari beberapa model yang sesuai dapat berdasarkan nilai AIC (*Akaike's Information Criterion*), dimana pemilihan model terbaik pada kriteria AIC diperoleh dari AIC yang pa-ling minimum, sedangkan rumus AIC :

$$AIC (M) = n \ln(\hat{\sigma}_a^2) + 2M$$

dimana :

$\hat{\sigma}_a^2$ = Nilai varians pada data sampel

M = Jumlah parameter yang ditaksir

n = Jumlah pengamatan

Untuk pendekatan *out sample* digunakan RMSE (*Root of Mean Square Error*). RMSE digunakan untuk mengetahui akar kesalahan rata-rata kuadrat dari tiap-tiap model yang layak dengan rumus sebagai berikut [4]:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{t=1}^M e_t^2}$$

sedangkan untuk nilai MAPE dapat dihitung melalui rumus:

$$MAPE = \left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Z_t - \hat{Z}_t}{Z_t} \right| \right) \times 100 \%$$

dan perhitungan untuk SMAPE adalah sebagai berikut [10]:

$$SMAPE = \left(\sum_{t=1}^n \frac{|Z_t - \hat{Z}_t|}{(Z_t + \hat{Z}_t) / 2} \right) \times 100 \%$$

Model terbaik yang dipilih merupakan model dengan nilai RMSE, MAPE, dan SMAPE terkecil.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder, yaitu data SLALU (Statistik Lalu Lintas Udara) dari PT Angkasa Pura 1 (Persero). Data yang diambil dari SLALU PT Angkasa Pura 1 (Persero) adalah jumlah penumpang pesawat terbang penerbangan domestik di pintu kedatangan Bandar Udara Internasional Lombok dalam periode bulanan mulai dari Januari 2003 sampai Desember 2013. Data jumlah penumpang pesawat terbang dibagi menjadi dua bagian yaitu data *in sample* yang digunakan untuk pemodelan dan data *out sample* yang digunakan untuk validasi model. Data *in sample* berisi data jumlah penumpang pesawat terbang pada bulan Januari 2003 sampai dengan Juni 2013, sedangkan data *out sample* berisi data pada bulan Juli 2013 sampai dengan Desember 2013.

Tahapan analisis yang dilakukan dimulai dari identifikasi model untuk meramalkan jumlah penumpang pesawat terbang domestik, kemudian membentuk model ARIMA dan dilanjutkan membentuk model ARIMAX dengan memasukkan data *outlier* pada *output* ARIMA sebagai *input* sertamembentuk model Regresi *Time Series* yaitu dengan me-regresikan data jumlah penumpang sebagai respon dengan data jumlah pesawat lag-2 dan jumlah penumpang lag-1 sebagai prediktor. Setelah ditemukan model terbaik dari ketiga metode tersebut, selanjutnya menentukan model terbaik untuk peramalan jumlah pesawat terbang domestik dengan membandingkan model terbaik dari ketiga metode tersebut dengan kriteria RMSE, MAPE, dan SMAPE.

IV. ANALISIS PEMBAHASAN

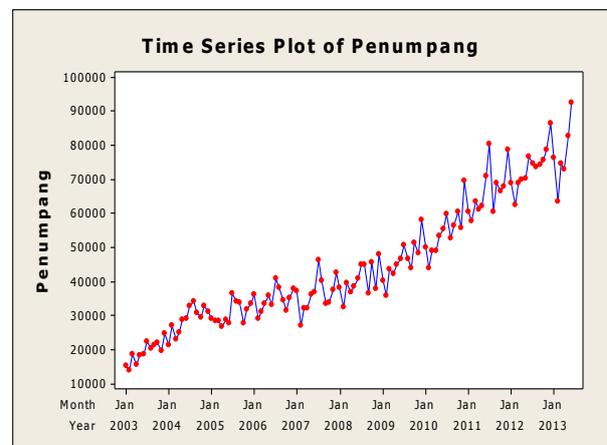
A. Statistika Deskriptif Jumlah Penumpang Pesawat

Rata-rata dari jumlah penumpang pesawat terbang domestik di Bandar Udara Internasional Lombok dari tahun

2003 sampai tahun 2013 adalah sebesar 44610 orang, hal ini memiliki makna bahwa kebutuhan masyarakat Indonesia terkait sarana transportasi udara tiap tahunnya semakin meningkat. Nilai standar deviasi jumlah penumpang sebesar 18327, hal ini menunjukkan bahwa jumlah penumpang pesawat terbang domestik di Bandar Udara Internasional Lombok tiap bulannya memiliki variasi yang tinggi. Jumlah penumpang pesawat terbang domestik di Bandar Udara Internasional Lombok paling banyak dari tahun 2003 sampai 2013 tercatat di PT Angkasa Pura Lombok adalah sebanyak 92567 orang, sedangkan yang paling sedikit adalah sebanyak 13986 orang.

B. Peramalan Jumlah Penumpang Pesawat Terbang dengan Metode ARIMA Box-Jenkins

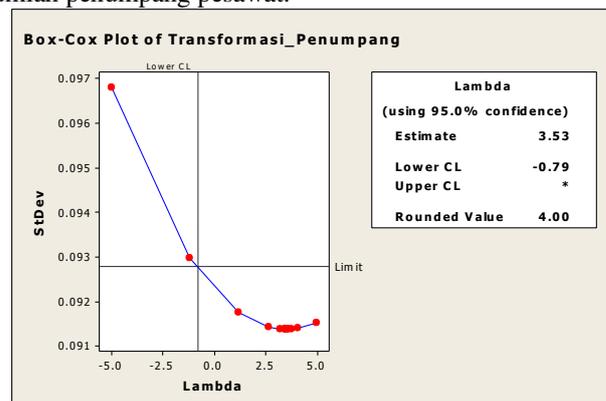
Dalam penentuan model peramalan jumlah penumpang pesawat domestik dengan metode ARIMA Box-Jenkins, dapat dilihat dari *time series plot* data jumlah penumpang pesawat domestik untuk mengetahui pola dan karakteristik data.



Gambar 1. *Time series Plot* Jumlah Penumpang Pesawat

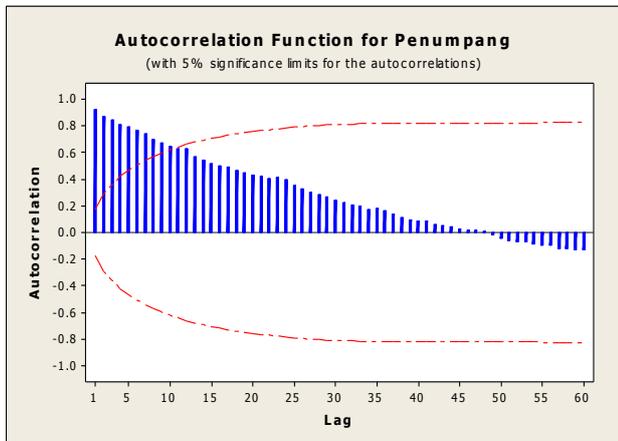
Berdasarkan Gambar 1. Secara visual terlihat bahwa data data jumlah penumpang pesawat terbang belum stasioner. Ketidakstasioneran ini perlu diuji, apakah data tidak stasioner dalam varian, *mean*, atau keduanya. Uji stasioneritas dalam varian dilakukan dengan *Box-Cox transformation*.

Pada *Box-Cox transformatif* menunjukkan batas bawah dan atas belum melewati angka 1, serta *rounded value* nya sebesar 0,00 sehingga dapat disimpulkan data jumlah penumpang pesawat belum stasioner dalam varian. Untuk mengatasi data yang belum stasioner dalam varian maka dilakukan transformasi Box-Cox, karena *rounded value* nya sebesar 0,00 maka dilakukan transformasi *ln* terhadap data jumlah penumpang pesawat.



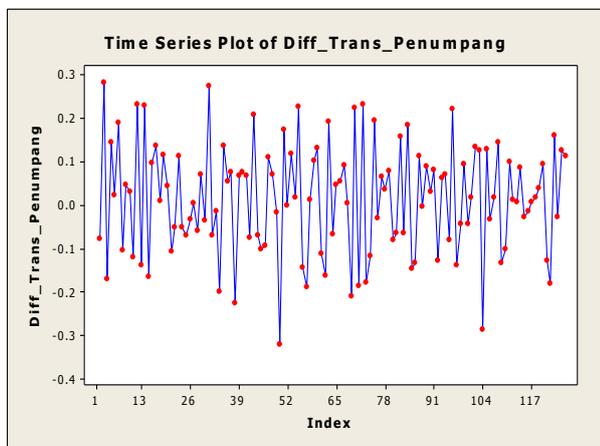
Gambar 2. *Box-Cox Transformation* Jumlah Penumpang Pesawat

Gambar 2. menunjukkan bahwa data jumlah penumpang pesawat sudah stasioner dalam varian. Hal ini ditunjukkan dengan *rounded value* nya sebesar 4,00, serta batas bawah dan atas sudah melewati angka 1 seperti terlihat pada gambar. Selanjutnya adalah melakukan pengecekan stasioneritas dalam *meandengan* melihat *time series plot* dan plot ACF (*Autocorrelation Function*).



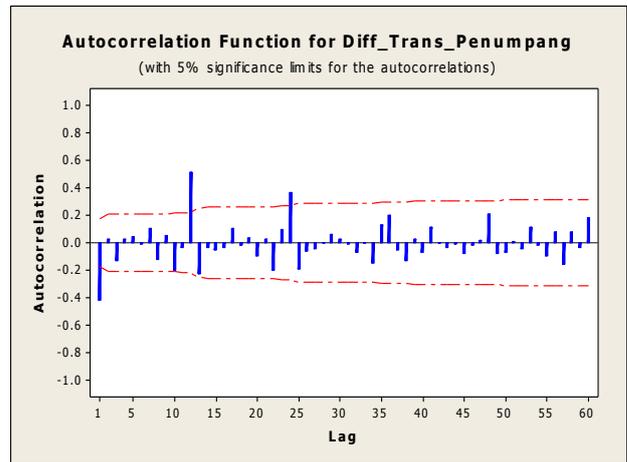
Gambar 3. Plot ACF

Berdasarkan Gambar 1.dan Gambar 3.menunjukkan secara visual bahwa data belum stasioner dalam *mean*. Hal ini terlihat dari lag-lag pada plot ACF yang turun lambat atau *dies down*. Data yang belum stasioner dalam *mean* diatasi dengan cara melakukan proses *differencing* orde ke-1. Setelah dilakukan *differencing* orde ke-1, data yang digunakan telah memenuhi asumsi stasioneritas, yang bisa dilihat berdasarkan *time series plot* hasil *differencing* berikut ini.

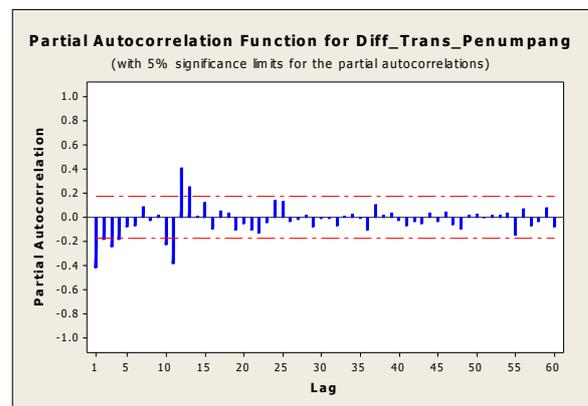


Gambar 4. Time Series Plot Jumlah Penumpang setelah Differencing

Setelah data stasioner dalam varian dan *mean* selanjutnya adalah melihat plot ACF dan PACF dari data yang sudah stasioner. Melalui plot ACF dan PACF dapat ditentukan model dugaan awal. Berikut diberikan plot ACF dan PACF jumlah penumpang pesawat setelah *differencing* orde ke-1.



Gambar 5. Plot ACF Jumlah Penumpang Differencing Orde ke-1



Gambar 6. Plot ACF dan PACF Jumlah Penumpang Differencing Orde ke-1

Berdasarkan plot ACF dan PACF yang telah stasioner, diperoleh tiga kemungkinan model ARIMA yaitu model ARIMA $([1,3,10,11,13],1,1)(1,0,2)^{12}$, ARIMA $(1,1,1)(1,0,1)^{12}$, dan ARIMA $(1,1,1)(1,0,0)^{12}$ untuk data jumlah penumpang pesawat terbang, maka selanjutnya dilakukan pengujian estimasi parameter dengan menggunakan statistik uji t untuk mengetahui apakah parameter-parameter dari se-tiap model ARIMA sudah signifikan apa tidak. Model du-gaan ARIMA selanjutnya harus di cek residualnya apakah sudah memenuhi asumsi *white noise* dan berdistribusi nor-mal apa tidak dengan *L-Jung Box Test* dan *Kolmogorov-Smirnov Test*. Berdasarkan hasil pengujian residual dengan *L-Jung Box Test* dan *Kolmogorov-Smirnov Test*, ketiga model yaitu model ARIMA $([1,3,10,11,13],1,1)(1,0,2)^{12}$, ARIMA $(1,1,1)(1,0,1)^{12}$, dan ARIMA $(1,1,1)(1,0,0)^{12}$ su-dah berdistribusi normal karena *p-value* dari residualnya memiliki nilai yang lebih dari $\alpha=0,05$.

Beberapa model dugaan ARIMA terbaik jumlah penumpang pesawat dapat ditentukan dengan memilih model yang memiliki nilai AIC minimum.

Tabel 1.

Pemilihan Model Terbaik Jumlah Penumpang Pesawat

Model ARIMA	AIC
$([1,3,10,11,13],1,1)(1,0,2)^{12}$	-251.255
$(1,1,1)(1,0,1)^{12}$	-254.665
$(1,1,1)(1,0,0)^{12}$	-250.213

Bedasarkan Tabel 1. model terbaik yang digunakan untuk memodelkan data jumlah penumpang pesawat terbang domestik di Bandar Udara Internasional Lombok adalah

model ARIMA (1,1,1) (1,0,1)¹² karena model tersebut semua parameternya signifikan serta memenuhi asumsi residual yang *white noise* dan berdistribusi normal serta memiliki nilai AIC yang minimum dibandingkan dengan model lainnya.

C. Peramalan Jumlah Penumpang Pesawat Terbang dengan Metode ARIMAX

Setelah dilakukan peramalan jumlah penumpang pesawat terbang domestik di Bandara Internasional Lombok dengan metode ARIMA Box-Jenkins, maka selanjutnya dilakukan peramalan jumlah penumpang pesawat terbang domestik di Bandar Udara Internasional Lombok dengan menggunakan metode ARIMAX. Berbeda dengan metode ARIMA Box-Jenkins, pada metode ARIMAX ini, proses analisisnya dimulai dengan uji signifikansi parameter menggunakan hasil output dari model ARIMA sebelumnya yaitu memasukkan data *outlier* sebagai input. Setelah itu dilakukan pengujian estimasi parameter dengan menggunakan statistik uji t untuk mengetahui apakah parameter-parameter dari setiap model ARIMAX sudah signifikan apa tidak. Model dugaan ARIMAX selanjutnya harus di cek residualnya apakah sudah memenuhi asumsi *white noise* dan berdistribusi normal apa tidak dengan *L-Jung Box Test* dan *Kolmogorov-Smirnov Test*. Berdasarkan hasil pengujian residual dengan *L-Jung Box Test* dan *Kolmogorov-Smirnov Test*, ketiga model yaitu model ARIMAX ([1,3,10,11,13],1,1)(1,0,2)¹², ARIMAX (1,1,1)(1,0,1)¹², dan ARIMAX (1,1,1)(1,0,0)¹² sudah berdistribusi normal karena *p-value* dari residualnya memiliki nilai yang lebih dari $\alpha=0,05$.

Beberapa model dugaan ARIMA terbaik jumlah penumpang pesawat dapat ditentukan dengan memilih model yang memiliki nilai AIC minimum.

Tabel 2.

Pemilihan Model Terbaik Jumlah Penumpang Pesawat setelah Deteksi *Outlier*

Model ARIMAX	AIC
([1,3,10,11,13],1,1)(1,0,2) ¹²	-359,87
(1,1,1) (1,0,1) ¹²	-332,561
(1,1,1) (1,0,0) ¹²	-327,443

Tabel 2. menunjukkan bahwa model yang memiliki nilai AIC minimum, model ARIMAX ([1,3,10,11,13],1,1)(1,0,2)¹², tapi karena pada model tersebut terdapat beberapa parameter yang tidak signifikan dan ada lag yang nilai *p-value* nya tidak keluar yaitu pada lag ke-6, sehingga model terbaik yang digunakan untuk memodelkan data jumlah penumpang pesawat terbang domestik di Bandar Udara Internasional Lombok adalah model ARIMAX (1,1,1) (1,0,0)¹² karena model tersebut semua parameternya signifikan serta memenuhi asumsi residual yang *white noise* dan berdistribusi normal serta nilai AIC tidak berbeda jauh jika dibandingkan dengan model lainnya.

D. Peramalan Jumlah Penumpang Pesawat Terbang dengan Metode Regresi Time Series

Dalam peramalan jumlah penumpang menggunakan metode regresi *time series*, variabel prediktor yang digunakan yaitu jumlah pesawat lag-2 dan jumlah penumpang lag-1 dengan variabel respon yaitu jumlah penumpang. Penentuan variabel-variabel yang digunakan untuk melakukan regresi *time series* tersebut dilihat dari MACF nya pada ana-

lisis yang sudah dilakukan. Berdasarkan MACF, diketahui jumlah penumpang dan jumlah pesawat memiliki korelasi negatif pada lag-1 dan lag-2. Selanjutnya, jumlah penumpang akan diregresikan dengan variabel-variabel prediktor yang sudah ditentukan tersebut untuk mendapatkan model terbaik. Pada penelitian ini memungkinkan terdapat data yang *outlier* sehingga asumsi tidak terpenuhi yaitu data tidak identik. Untuk mengatasi data yang tidak identik ada beberapa cara, salah satunya yaitu dengan melakukan transformasi variabel, baik variabel respon, variabel prediktor maupun keduanya. Salah satu transformasi yang dapat digunakan untuk mengatasi hal tersebut yaitu dengan transformasi *ln*. Selanjutnya untuk mengatasi data *outlier* salah satunya yaitu dengan melakukan regresi *robust LTS*.

Berdasarkan analisis yang dilakukan variabel-variabel nyasudah signifikan karena nilai *p-value* nya kurang dari $\alpha=0,05$, akan tetapi masih terdapat beberapa data yang *outlier*, untuk itu perlu dilakukan regresi *robust LTS* untuk mengatasi data yang *outlier* tersebut dan juga semua data di transformasi menggunakan transformasi *ln* untuk mengatasi data yang belum identik (data berbentuk corong). Berikut diberikan hasil analisis menggunakan regresi *robust LTS* dengan data yang sudah di transformasi *ln*. Model yang terbentuk yaitu:

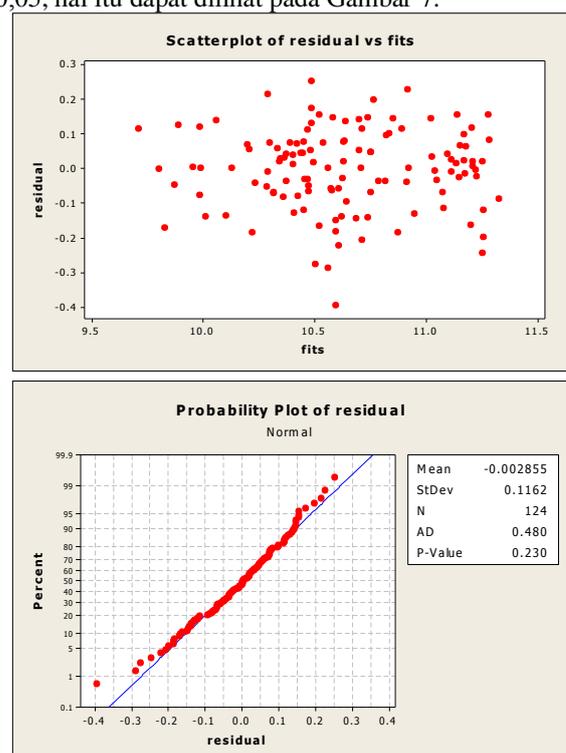
$$\text{Penumpang}_{(t)} = 0,6865 + 0,4238 \text{ Pesawat}_{t-2} + 0,6773 \text{ Penumpang}_{t-1}$$

dengan R² sebesar 94,09%.

Tabel 3. Uji Signifikansi Parameter Regresi *Robust*

Parameter	Estimate	P-Value	Keputusan
Intercept	0,6865	0,0084	Signifikan
Pesawat _{t-2}	0,4238	<0,0001	Signifikan
Penumpang _{t-1}	0,6773	<0,0001	Signifikan

Berdasarkan Tabel 3. terlihat bahwa semua parameternya sudah signifikan pada taraf signifikansi $\alpha=0,05$, selain itu juga datanya sudah identik serta residualnya sudah berdistribusi normal karena nilai *p-valuenya* lebih besar dari $\alpha=0,05$, hal itu dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Scatter Plot dan Probability Plot Regresi *Robust*

E. Perbandingan Model Peramalan Terbaik Jumlah Penumpang Pesawat Terbang antara ARIMA Box-Jenkins, ARIMAX, dan Metode Regresi Time Series

Setelah didapatkan model terbaik untuk peramalan jumlah penumpang pesawat terbang dengan ARIMA Box-Jenkins dan ARIMAX serta metode Regresi *Time Series Robust*, maka selanjutnya dilakukan perbandingan model terbaik yang digunakan untuk meramalkan jumlah penumpang pesawat terbang di pintu kedatangan Bandar Udara Internasional Lombok dengan kriteria *Out Sample*, yaitu menggunakan kriteria RMSE, MAPE, dan SMAPE sebagai tolok ukur.

Tabel 4.

Pemilihan Model Peramalan Terbaik Jumlah Penumpang Pesawat dengan Kriteria *Out Sample*

Model	RMSE	MAPE	SMAPE
ARIMA Box-Jenkins	4256,350378	0,043989529	0,260174675
ARIMAX	4445,003949	0,044740956	0,261175133
Regresi <i>Time Series</i>	6406,600093	0,063711830	0,390695638

Berdasarkan kriteria *Out Sample*, maka model yang terbaik yang digunakan untuk meramalkan jumlah penumpang pesawat terbang domestik di pintu kedatangan Bandar Udara Internasional Lombok adalah model peramalan dengan menggunakan pendekatan ARIMA Box-Jenkins, yakni ARIMA (1,1,1) (1,0,1)¹² karena memiliki nilai RMSE, MAPE, dan SMAPE yang minimum dibandingkan yang lain.

F. Peramalan Jumlah Penumpang Pesawat Terbang dengan Metode ARIMA Box-Jenkins untuk 1 Tahun ke Depan

Telah diketahui sebelumnya bahwa model peramalan terbaik untuk meramalkan jumlah penumpang pesawat terbang domestik di pintu kedatangan Bandar Udara Internasional Lombok adalah dengan pendekatan ARIMA Box-Jenkins, yakni ARIMA (1,1,1)(1,0,1)¹². Adapun peramalan jumlah penumpang pada periode 1 tahun ke depan diberikan sebagai berikut.

Tabel 5.

Ramalan Jumlah Penumpang Pesawat Tahun 2014

Bulan	Jumlah Penumpang
Januari	89099
Februari	78937
Maret	88513
April	87273
Mei	93807
Juni	102201
Juli	101265
Agustus	95971
September	98106
Oktober	99459
November	100730
Desember	110062

Tabel 5. menunjukkan bahwa peramalan jumlah penumpang pesawat terbang domestik di pintu kedatangan Bandar Udara Internasional Lombok selama 1 tahun ke depan, yaitu pada bulan Januari sampai bulan Juni tahun 2014, jumlah penumpang akan mengalami kenaikan, sedangkan pada bulan Juli tahun 2014 jumlah penumpang diprediksikan akan menurun yakni sebesar 101265 penumpang. Pada bulan Agustus tahun 2014 juga diprediksikan jumlah penumpang akan menurun yakni sebesar 95971 penumpang, namun pada bulan September sampai bulan Desember tahun 2014 jumlah penumpang diprediksikan akan naik terus hingga mencapai 110062 penumpang.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Model terbaik untuk meramalkan jumlah penumpang pesawat terbang domestik dengan metode ARIMA Box-Jenkins adalah ARIMA (1,1,1)(1,0,1)¹², sedangkan model terbaik untuk metode ARIMAX adalah ARIMAX (1,1,1)(1,0,0)¹². Untuk Regresi *Time Series Robust*. Model terbaiknya adalah

$$\text{Penumpang}_{(t)} = 0,6865 + 0,4238 \text{ Pesawat}_{t-2} + 0,6773 \text{ Penumpang}_{t-1}$$
2. Berdasarkan kriteria *Out Sample*, maka model terbaik yang digunakan untuk meramalkan jumlah penumpang pesawat terbang domestik adalah model ARIMA (1,1,1)(1,0,1)¹² karena memiliki nilai RMSE, MAPE dan SMAPE yang minimum dibandingkan yang lain.
3. Peramalan jumlah penumpang pesawat terbang domestik di Bandar Udara Internasional Lombok selama 1 tahun ke depan, yaitu pada bulan Januari sampai bulan Juni 2014, jumlah penumpang akan mengalami kenaikan, sedangkan pada bulan Juli 2014 jumlah penumpang diprediksikan akan menurun yakni sebesar 101265 penumpang. Pada bulan Agustus 2014 juga diprediksikan jumlah penumpang akan menurun yakni sebesar 95971 penumpang, namun pada bulan September sampai bulan Desember 2014 jumlah penumpang diprediksikan akan naik terus hingga mencapai 110062 penumpang.

Saran yang peneliti berikan yaitu untuk penelitian selanjutnya tambahkan variabel lain seperti jumlah penumpang pesawat terbang di Bandar Udara Ngurah Rai di Bali sebagai variabel prediktor untuk hasil peramalan yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik. 2013. *Hasil Sensus Penduduk Tahun 2013*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- [2] Insanil, M. K. 2010. *Pemodelan dan Peramalan Jumlah Penumpang dan Pesawat Di Terminal Kedatangan Internasional Bandara Juanda Surabaya dengan Metode Variansi Kalender*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [3] Huda, A. M. 2013. *Peramalan Jumlah Frekuensi Penumpang Pesawat Terbang Domestik di Bandar Udara Juanda dengan menggunakan Metode ARIMA dan Fungsi Transfer*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [4] Wei, W. W. S. 2006. *Time Series Analisis : Univariate and Multivariate*, 2nd Edition. USA : Pearson Education.Inc.
- [5] Box and Jenkins. 1994. *Time Series Analysis and Control Forecasting*. Prentice Hall. New Jersey.
- [6] Liu, L. M. (2006). *Time Series Analysis and Forecasting*. Illinois: Scientific Computing Associates.
- [7] Myers, R. H. (1990). *Classical and Modern Regression with Application*. Boston: PWS.
- [8] Drapper, N., & Smith, H. (1992). *Applied Regression Analysis* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [9] Ryan, T. P. (1997). *Modern Regression Methods*. New York: A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, Inc.
- [10] Makridakis, S., & Hibon, M. (2000). The M3-Competition: Results, Conclusions and Implications. *International Journal of Forecasting*, 16, 451-476.