



TUGAS AKHIR



Model Peramalan Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Domestik Menggunakan Metode *Winter's* dan ARIMA *Box-Jenkins*

Oleh :
Daniar Kusumaning Ayu
1311 030 050

Dosen Pembimbing :
Dr. Suhartono, M.Sc



LATAR BELAKANG



internasional

domestik

Keberangkatan

Jakarta

Denpasar

Semarang

Ujung
Pandang

Jogjakarta

Balikpapan

Winter's

ARIMA Box-Jenkins





LATAR BELAKANG

Beberapa penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya berkaitan dengan pemodelan jumlah penumpang pesawat

Laily Rizky (2009) mengenai analisis *time series* penumpang pesawat dengan menggunakan Metode Perubahan Struktur

Kamil (2010) mengenai pemodelan dan peramalan jumlah penumpang dan pesawat di Terminal Kedatangan Internasional Bandara Juanda Surabaya dengan metode variansi kalender

Prakoso (2010) mengenai permodelan dan peramalan jumlah kedatangan pesawat menuju Bandar Udara Juanda Surabaya baik di terminal domestik maupun internasional dengan menggunakan metode ARIMA *Box-Jenkins*.





RUMUSAN MASALAH & TUJUAN

Karakteristik keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan domestik di Bandara Internasional Juanda

Model terbaik dari data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan domestik di Bandara Internasional Juanda





MANFAAT



- ▶ Dapat memberikan informasi bagi PT. Angkasa Pura I Juanda mengenai hasil peramalan yang diperoleh dari pemilihan model terbaik pada data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan domestik di Bandara Internasional Juanda, sehingga dapat mengantisipasi apabila terjadi lonjakan penumpang pesawat.





BATASAN MASALAH



Menggunakan data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan

Jakarta
Denpasar
Semarang
Ujung Pandang
Jogjakarta
Balikpapan





TINJAUAN PUSTAKA



▶ Statistika Deskriptif

Metode-metode yang berkaitan dengan pengumpulan dan penyajian suatu data sehingga memberikan informasi yang berguna. Statistika deskriptif memberikan informasi hanya mengenai data yang dipunyai dan sama sekali tidak menarik kesimpulan apapun. Penyajian atau penyusunan statistika deskriptif dapat menggunakan tabel, diagram, grafik dan besaran-besaran lainnya (Walpole, 1995)





TINJAUAN PUSTAKA



- ▶ *Time Series*
- ▶ *Stasioneritas*

Jika tidak stasioner dalam mean dilakukan *differencing* dengan persamaan:

$$(1 - B)^d Z_t$$

Jika tidak stasioner dalam varians dilakukan transformasi dengan jenis transformasi yang digunakan:

Nilai (λ) yang biasa digunakan

Nilai Estimasi λ	Tarnsformasi
-1,0	$\frac{1}{Z_t}$
-0,5	$\frac{1}{\sqrt{Z_t}}$
0	$\ln Z_t$
0,5	$\sqrt{Z_t}$
1	(tidak ada transformasi)





TINJAUAN PUSTAKA



► Autocorrelation Function (ACF)

$$\hat{\rho}_k = \frac{\hat{\gamma}_k}{\hat{\gamma}_0} = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Z_t - \bar{Z})(Z_{t+k} - \bar{Z})}{\sum_{t=1}^n (Z_t - \bar{Z})^2}$$

Partial Autocorrelation Function (PACF)

$$\hat{\phi}_{k+1,k+1} = \frac{\hat{\rho}_{k+1} - \sum_{j=1}^k \hat{\phi}_{kj} \hat{\rho}_{k+1-j}}{1 - \sum_{j=1}^k \hat{\phi}_{kj} \hat{\rho}_j}$$

atau

$$\hat{\phi}_{k+1,j} = \hat{\phi}_{kj} - \hat{\phi}_{k+1,k+1} \hat{\phi}_{k,k+1-j}$$





TINJAUAN PUSTAKA



► Model ARIMA

• Autoregressive (AR)

$$(1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p) \dot{Z}_t = a_t$$

• Moving Average (MA)

$$\dot{Z}_t = \theta(B) a_t$$

• Mixed Autoregressive Moving Average (ARMA)

$$\phi_p(B) \dot{Z}_t = \theta_p(B) a_t,$$

• Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

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





TINJAUAN PUSTAKA



▶ Identifikasi Model

Order

AR (p)

MA (q)

ARMA
(p,q)

ACF

Turun cepat secara eksponensial (dies down)

Terputus setelah lag ke-q

Turun cepat secara eksponensial menuju nol setelah lag (q-p)

PACF

Terputus setelah lag ke-p

Turun cepat secara eksponensial (dies down)

Turun cepat secara eksponensial menuju nol setelah lag (p-q)



TINJAUAN PUSTAKA



▶ Uji Signifikansi Parameter

▶ Hipotesis :

$H_0 : \beta = 0$ (Parameter tidak signifikan dalam model)

$H_1 : \beta \neq 0$ (Parameter signifikan dalam model)

▶ statistik uji

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\beta}}{SE(\hat{\beta})}$$

▶ dimana :

▶ $\hat{\beta}$: estimasi setiap parameter ϕ_i atau θ_i pada model *Box-Jenkins*

▶ $SE(\hat{\beta})$: standar residual dari seriap estimasi





TINJAUAN PUSTAKA



- ▶ Uji Kesesuaian Model
- ▶ Uji residual *white noise*

Hipotesis :

$$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_K = 0,$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \rho_j \neq 0, \text{ untuk } j=1, 2, \dots, K$$

- ▶ Tolak H_0 jika

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

$$Q > \chi^2_{(1-\alpha); df=k-p-q}$$





TINJAUAN PUSTAKA



- ▶ **Distribusi normal**
- ▶ Pengujian residual berdistribusi normal dapat dilakukan dengan menggunakan *Kolmogolrov Smirnov Test.*
- ▶ Hipotesis
- ▶ $H_0 : F(x) = F_0(x)$ (Data berdistribusi normal)
- ▶ $H_1 : F(x) \neq F_0(x)$ (Data tidak berdistribusi normal)
- ▶ Statistik uji :

$$D = \text{Sup} |S(x) - F_0(x)|$$

- ▶ Daerah kritis yang berlaku apabila H_0 ditolak maka $D > D_{(1-\alpha),n}$ dengan nilai n adalah ukuran sampel





TINJAUAN PUSTAKA



▶ Validasi Model

- ▶ Validasi model digunakan untuk menentukan model terbaik yang akan dipilih menggunakan beberapa kriteria. Kriteria yang akan digunakan adalah MSE (*Mean Squared Error*) dan RMSE (*Root Square Error*).

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Z_t - \hat{Z}_t)^2$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Z_t - \hat{Z}_t)^2}$$





TINJAUAN PUSTAKA



- ▶ Deteksi *Outlier*
- ▶ Beberapa jenis *outlier* yang diketahui yaitu *Additive outlier* (AO), *Innovational outlier* (IO), *Level Shift* (LS) dan *Temporary Change* (TC)
- ▶ Model umum dengan k *outlier*

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

- ▶ dimana

$$X_t = \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t \quad v_j(B) = 1, \text{ untuk AO}$$

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

$$= \frac{\theta(B)}{\phi(B)}, \text{ untuk IO}$$





TINJAUAN PUSTAKA



▶ Metode Winter's

Winter's menganggap model trend linier dengan indikator musiman. Musiman dan komponen trend dapat berupa aditif atau multiplikatif (Abraham, B. & Ledolter, J., 1983).

▶ Winter's Additive

$$L_t = \alpha(Y_t - S_{t-p}) + (1-\alpha)[L_{t-1} - T_{t-1}]$$

$$T_t = \gamma[L_t - L_{t-1}] + (1-\gamma)T_{t-1}$$

$$S_t = \delta(Y_t - L_t) + (1-\delta)S_{t-p}$$

$$\hat{Y}_t = L_{t-1} + T_{t-1} + S_{t-p}$$

▶ Winter's Multiplicative

$$L_t = \alpha(Y_t / S_{t-p}) + (1-\alpha)[L_{t-1} - T_{t-1}]$$

$$T_t = \gamma[L_t - L_{t-1}] + (1-\gamma)T_{t-1}$$

$$S_t = \delta(Y_t / L_t) + (1-\delta)S_{t-p}$$

$$\hat{Y}_t = (L_{t-1} + T_{t-1})S_{t-p}$$





METODOLOGI PENELITIAN



► **Sumber Data**

Menggunakan data sekunder yang di ambil di PT. Angkasa Pura I Juanda mengenai keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan domestik.

► **Variabel Penelitian**

X1 : Jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Jakarta
(Januari 2000-Desember 2013)

X2 : Jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Denpasar
(Januari 2000-Desember 2013)

X3 : Jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Semarang
(Januari 2000-Desember 2013)

X4 : Jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Ujung Pandang
(Januari 2000-Desember 2013)

X5 : Jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Jogjakarta
(Januari 2000-Desember 2013)

X6 : Jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Balikpapan
(Januari 2000-Desember 2013)





METODOLOGI PENELITIAN



► Metode Analisis Data

Mengetahui karakteristik keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan domestik di Bandara Internasional Juanda menggunakan statistika deskriptif.

Mengetahui hasil model terbaik dari data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan domestik di Bandara Internasional Juanda menggunakan metode *Winter's* dan ARIMA *Box-Jenkins*.



METODOLOGI PENELITIAN



► Langkah-langkah Analisis

1. Membagi data *time series* menjadi data *in sample* dan *out sample*.
2. Membuat *time series* plot.
3. Melakukan pengecekan stasioner terhadap varian dan *mean*. Jika tidak stasioner dalam varians, maka dilakukan transformasi. Sedangkan jika tidak stasioner dalam *mean* dilakukan *differencing*.
4. Melakukan identifikasi model data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan domestik.
5. Melakukan estimasi dan pengujian parameter berdasarkan model yang telah diduga.
6. Melakukan *diagnostic checking* dengan memenuhi dua asumsi, yaitu *white noise* dan berdistribusi normal. Jika tidak berdistribusi normal dapat dideteksi dengan deteksi *outlier*.
7. Pemilihan model terbaik dengan melihat nilai RMSE paling rendah dari model yang telah didapatkan.
8. Setelah mendapatkan model terbaik, maka dilakukan peramalan untuk beberapa periode ke depan dengan menggabungkan data *in sample* dan *out sample*.

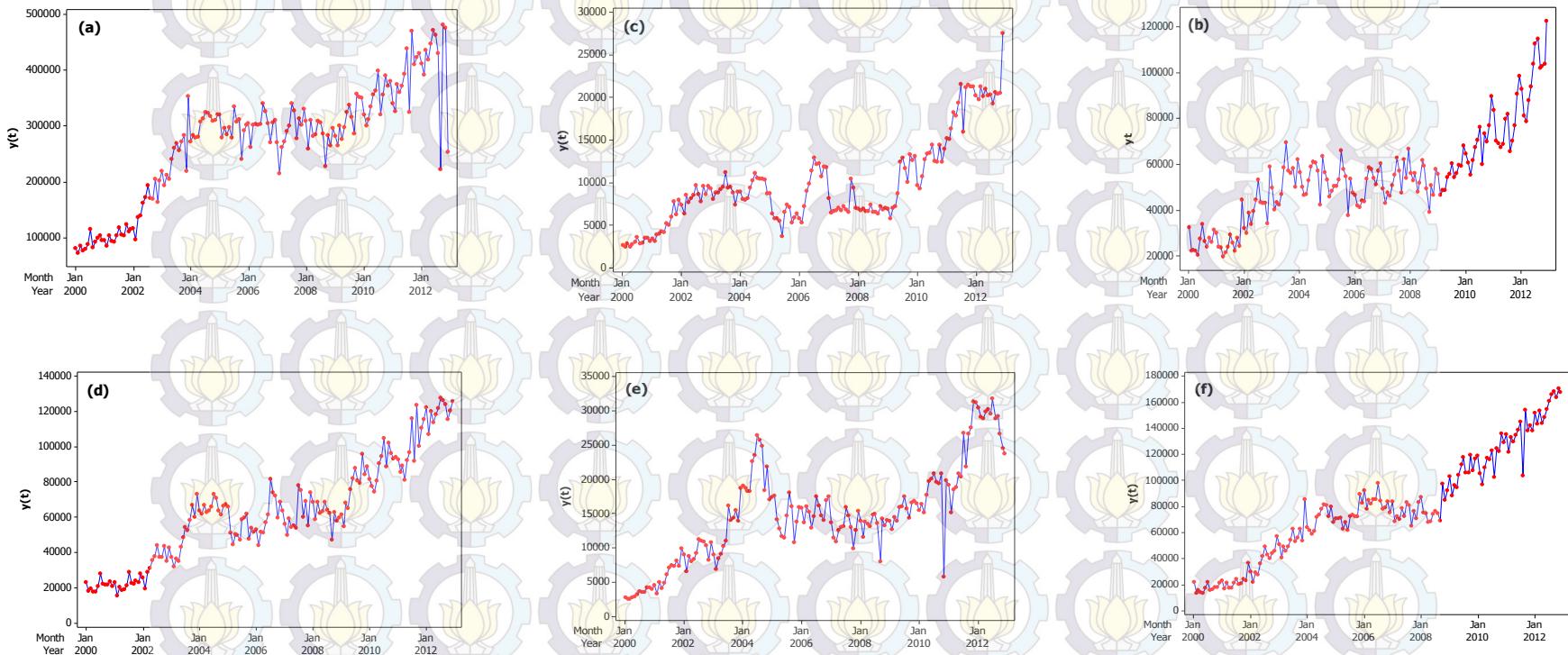




Statistika Deskriptif



- ▶ **a. Plot Time Series Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Domestik**





Statistika Deskriptif



b. Statistika Deskriptif

Tabel 4.1 Rata-rata per Bulan Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Domestik

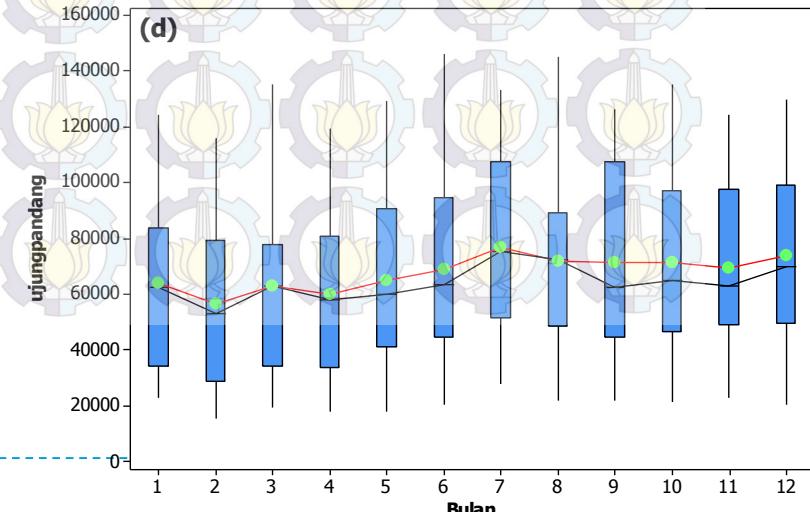
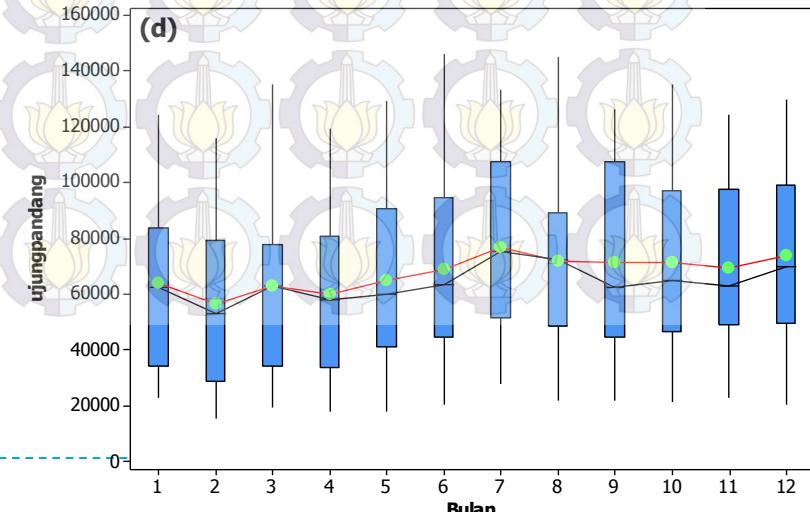
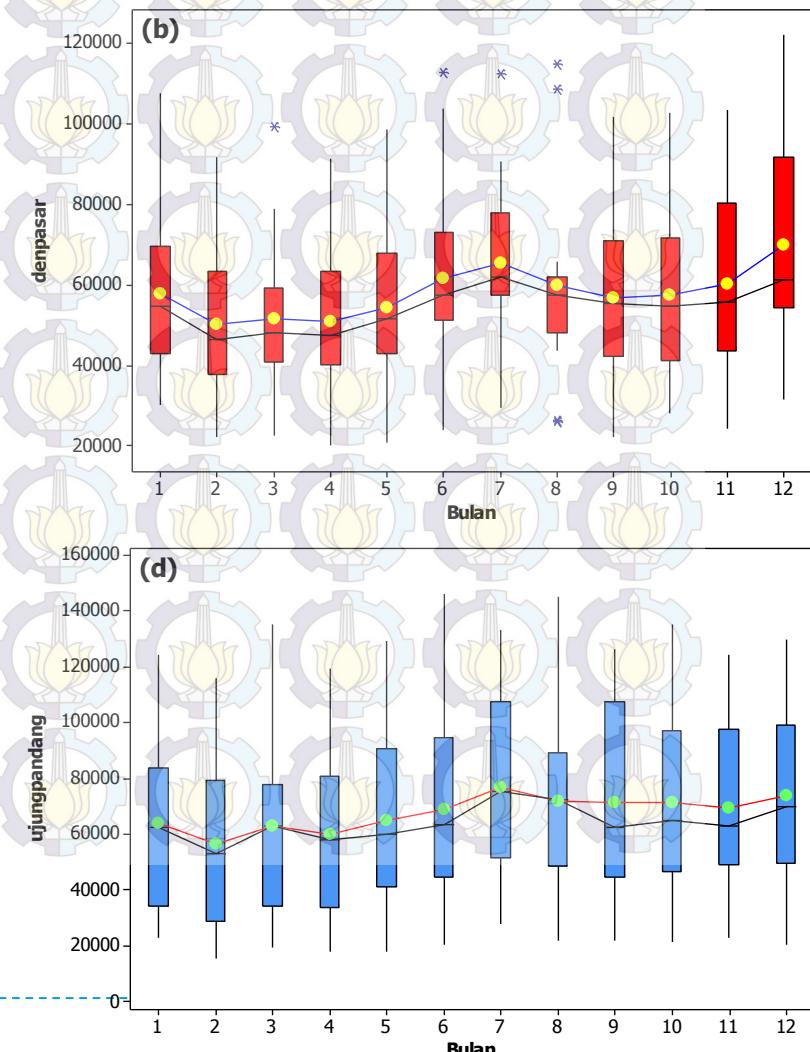
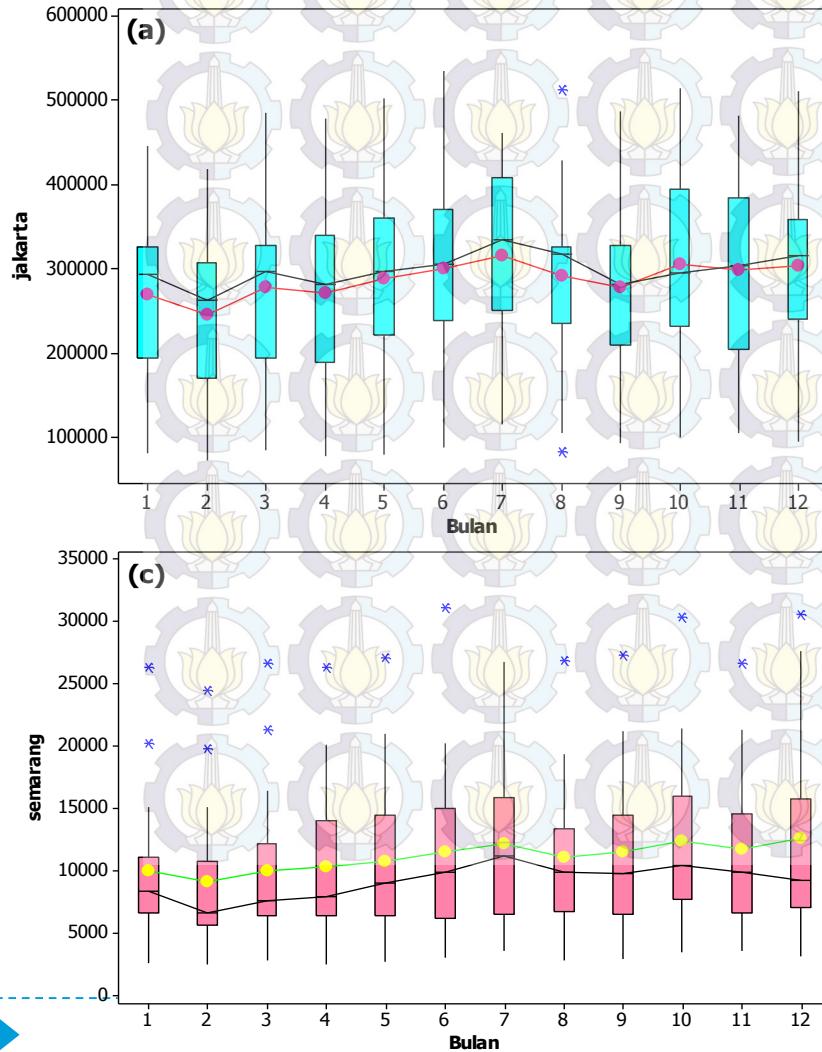
Bulan	Rute Penerbangan					
	JKT	DPS	SRG	UPG	JOG	BPN
1	270.417	57.879	9.964	64.187	14.782	86.199
2	246.342	50.020	9.085	56.649	13.319	75.618
3	278.311	51.398	10.039	63.125	13.954	80.247
4	271.700	50.770	10.261	60.345	14.141	77.347
5	288.164	54.349	10.765	65.153	14.972	82.948
6	301.289	61.436	11.535	69.097	15.438	85.608
7	316.663	65.341	12.137	77.243	17.442	89.017
8	291.956	59.867	11.112	72.152	16.552	84.322
9	278.505	56.793	11.462	71.499	16.062	85.362
10	305.813	57.451	12.406	71.481	15.853	89.270
11	298.203	60.107	11.684	69.808	15.215	89.625
12	303.292	69.920	12.630	73.958	16.997	93.588
Total	3.450.655	695.331	133.080	814.697	184.727	1.019.151



Statistika Deskriptif



- Adanya pola musiman tersebut dapat juga dilihat dengan Box-Plot

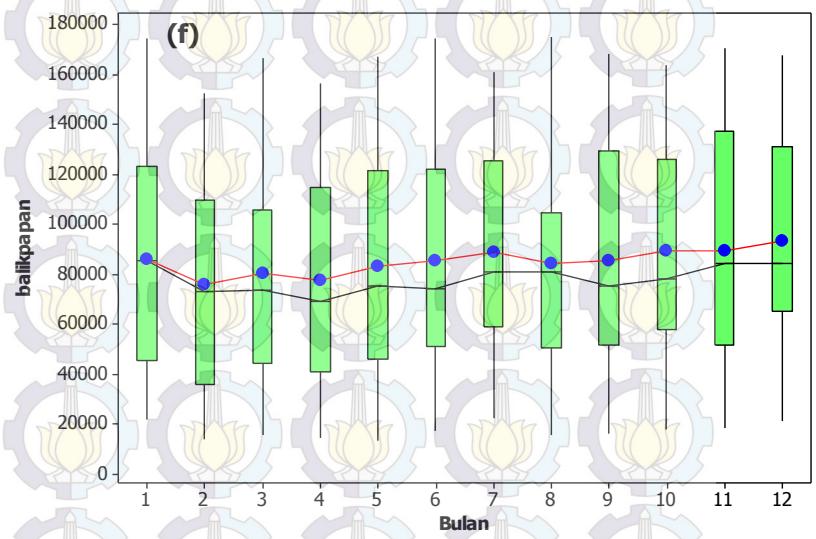
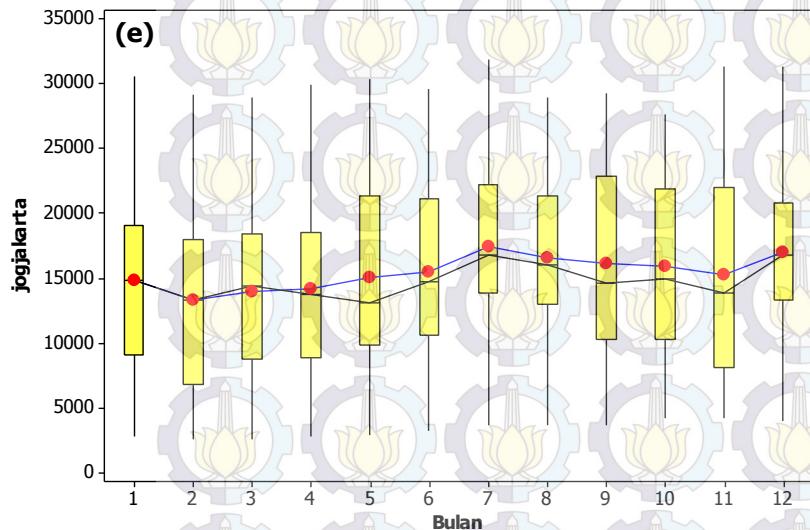




Statistika Deskriptif



- Adanya pola musiman tersebut dapat juga dilihat dengan Box-Plot





Statistika Deskriptif



Keseluruhan hasil statistika deskriptif untuk data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan domestik dapat disajikan dalam bentuk Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Statistika Deskriptif Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Domestik

No	Rute Penerbangan Domestik	Rata-rata	Deviasi Standar	Minimum	Maksimum
1	Jakarta	287.554	112.782	72.821	536.314
2	Denpasar	57.944	22.966	19.905	122.168
3	Semarang	11.090	6.787	2.432	31.165
4	Ujung Pandang	67.891	33.072	15.479	146.174
5	Jogjakarta	15.394	7.069	2.570	31.783
6	Balikpapan	84.929	44.794	13.331	175.144



Pemodelan & Peramalan



- Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Jakarta

a. Pemodelan Menggunakan Metode *Winter's*

α	γ	δ	MSE
0,2	0,2	0,1	1.175.860,460
0,2	0,2	0,2	1.215.486,778
0,2	0,2	0,3	1.252.601,645
0,2	0,2	0,4	1.296.350,937
0,2	0,2	0,5	1.350.291,438
0,2	0,2	0,6	1.415.641,655
0,2	0,2	0,7	1.493.738,849
0,2	0,2	0,8	1.587.590,866
0,2	0,2	0,9	1.704.229,518
0,2	0,1	0,1	1.185.738,775
0,2	0,2	0,1	1.175.860,460
0,2	0,3	0,1	1.182.152,439
0,2	0,4	0,1	1.184.329,592
0,2	0,5	0,1	1.184.550,438
0,2	0,6	0,1	1.182.017,305
0,2	0,7	0,1	1.176.974,323
0,2	0,8	0,1	1.175.215,341
0,2	0,9	0,1	1.183.071,246

α	γ	δ	MSE
0,1	0,8	0,1	1.395.660,736
0,2	0,8	0,1	1.175.215.341
0,3	0,8	0,1	1.346.598,463
0,4	0,8	0,1	1.588.803,534
0,5	0,8	0,1	1.872.042,830
0,6	0,8	0,1	2.181.147,122
0,7	0,8	0,1	2.501.318,501
0,8	0,8	0,1	2.849.799,721
0,9	0,8	0,1	3.261.976,055

Dengan nilai MSE paling rendah sebesar 1.175.215.341 atau nilai RMSE sebesar 34.281,41

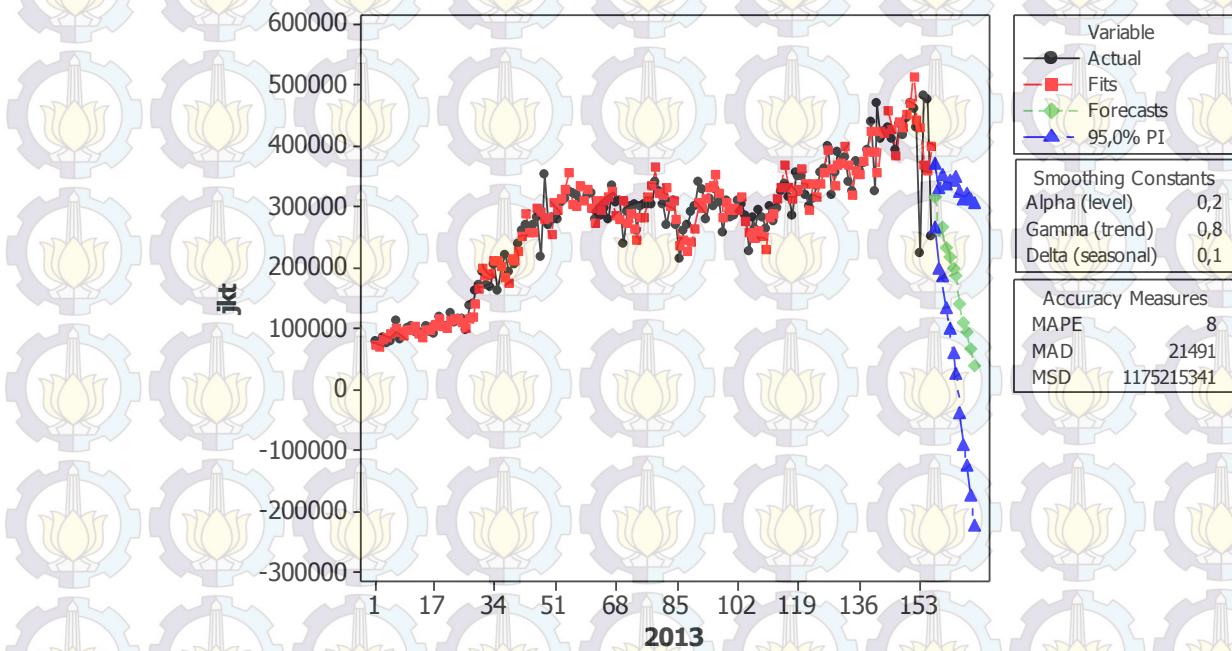




Pemodelan & Peramalan



Hal tersebut dapat juga dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar Plot Metode Winter's Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Jakarta



Pemodelan & Peramalan



Model terbaik untuk data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Jakarta dengan menggunakan α sebesar 0,2 γ sebesar 0,8 δ sebesar 0,1

$$L_t = 0,2(Y_t / S_{t-p}) + 0,8[L_{t-1} - T_{t-1}]$$

$$T_t = 0,8[L_t - L_{t-1}] + (0,2)T_{t-1}$$

$$S_t = 0,1(Y_t / L_t) + (0,9)S_{t-p}$$

sehingga

$$\hat{Y}_t = (L_{t-1} + T_{t-1})S_{t-p}$$

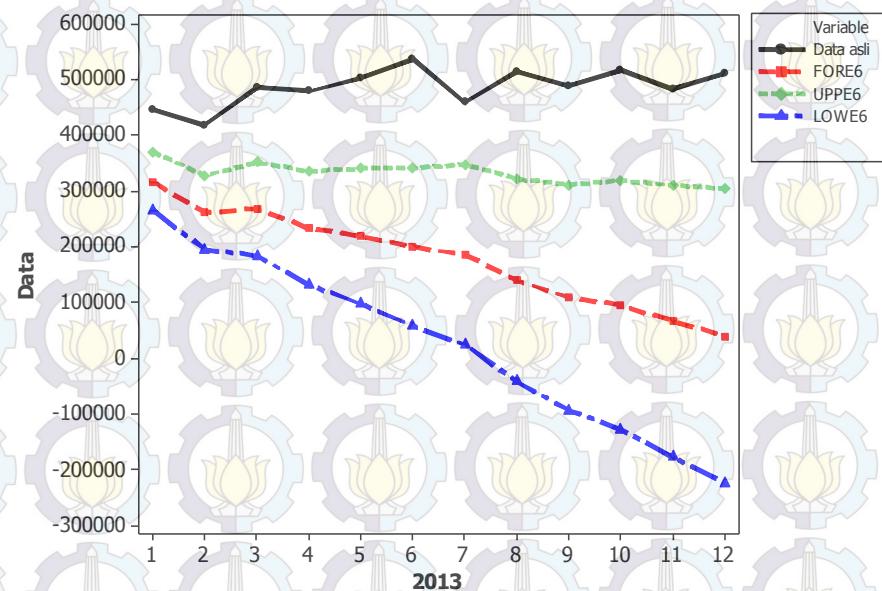




Pemodelan & Peramalan



Secara visual bagaimana pola yang terbentuk antara data aktual dan data ramalan dengan melalui batas atas dan batas bawah



Gambar Plot Data Aktual dan Ramalan Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Jakarta





Pemodelan & Peramalan



Perhitungan ramalan secara manual

Data ke-	L_t	T_t	S_t
145	429537,8254	5450,320	0,9819
146	437142,0101	7173,412	0,8812
147	443614,7825	6612,900	0,9879
148	448077,2000	4892,513	0,9511
149	451858,5872	4003,613	0,9976
150	455942,6218	4067,950	1,0328
151	450691,2702	-3387,491	1,1086
152	444729,8102	-5446,666	0,9862
153	396738,8608	-39482,093	0,9396
154	378828,7145	-22224,536	1,0578
155	379492,6292	-3913,775	1,0337
156	348183,6536	-25829,936	1,0270

Hasil perhitungan manual nilai ramalan untuk periode bulan Januari-Desember tahun 2013 adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} \bullet \hat{Y}_{156+1} &= (L_{156} + (1 \times T_{156})) \times S_{(156+1)-12} \\ \hat{Y}_{157} &= (348183,6536 + (1 \times -25829,936)) \times 0,9819 \\ &= 316531 \\ \bullet \hat{Y}_{156+2} &= (L_{156} + (1 \times T_{156})) \times S_{(156+2)-12} \\ \hat{Y}_{158} &= (348183,6536 + (1 \times -25829,936)) \times 0,8812 \\ &= 261298 \\ &\vdots \\ \bullet \hat{Y}_{156+12} &= (L_{156} + (12 \times T_{156})) \times S_{(156+12)-12} \\ \hat{Y}_{168} &= (348183,6536 + (12 \times -25829,936)) \times 1,0270 \\ &= 39258 \end{aligned}$$

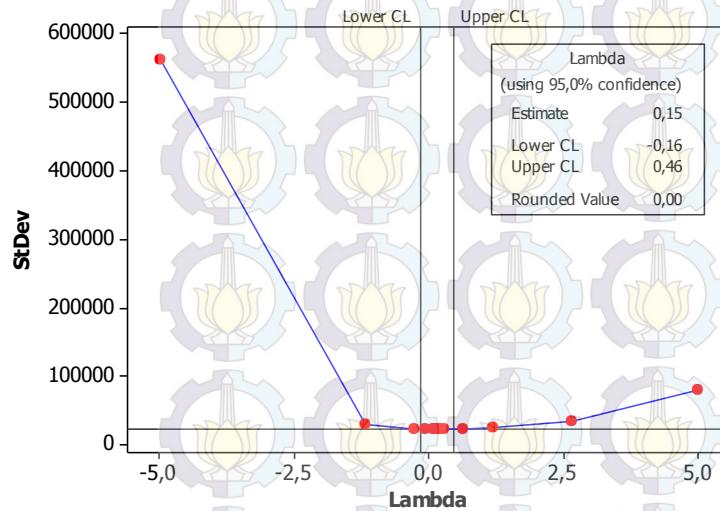




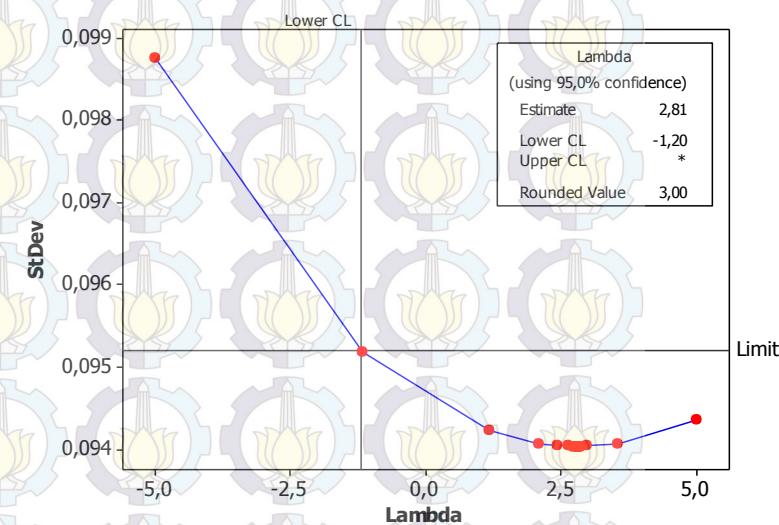
Pemodelan & Peramalan



- ▶ b. Pemodelan Menggunakan Metode ARIMA Box-Jenkins
- i. Identifikasi Model



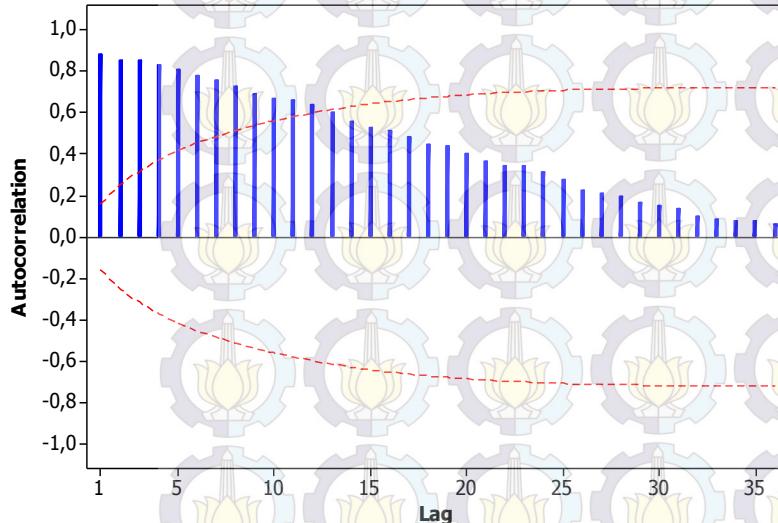
Plot Box-Cox Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Jakarta



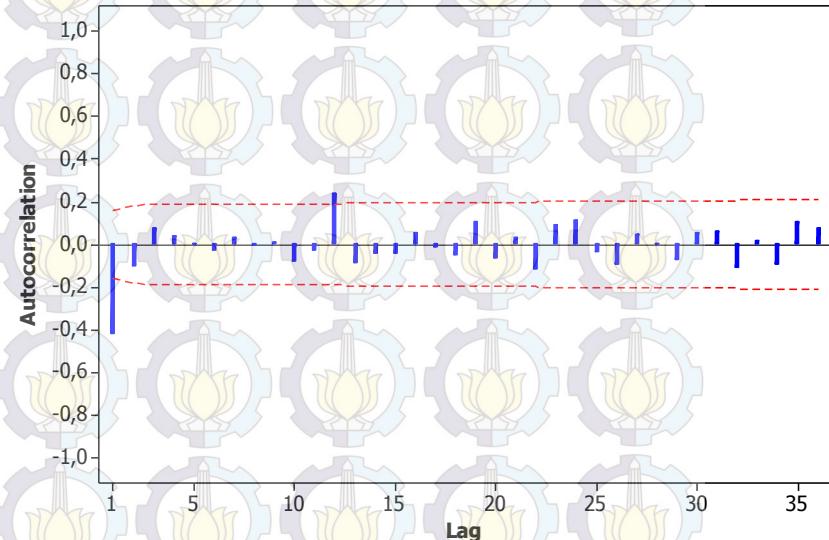
Plot Box-Cox Hasil Transformasi Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Jakarta



Pemodelan & Peramalan



Plot ACF Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Jakarta

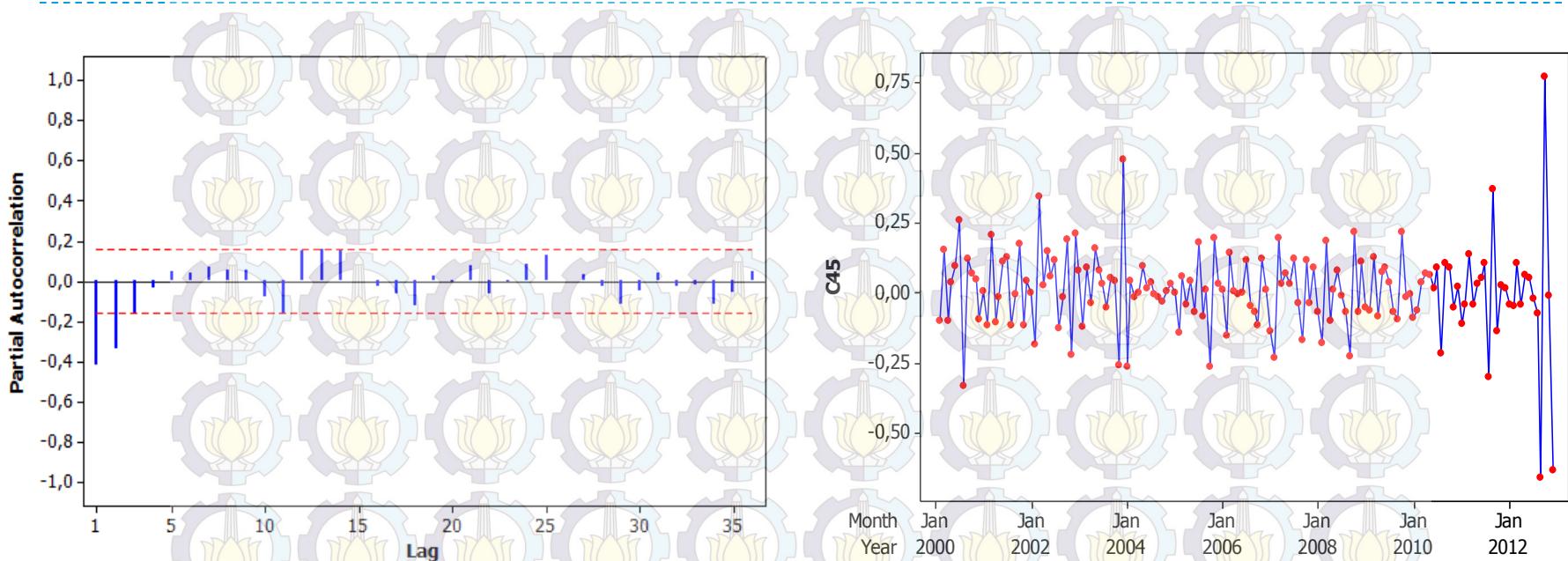


Plot ACF Hasil *Differencing* Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Jakarta





Pemodelan & Peramalan

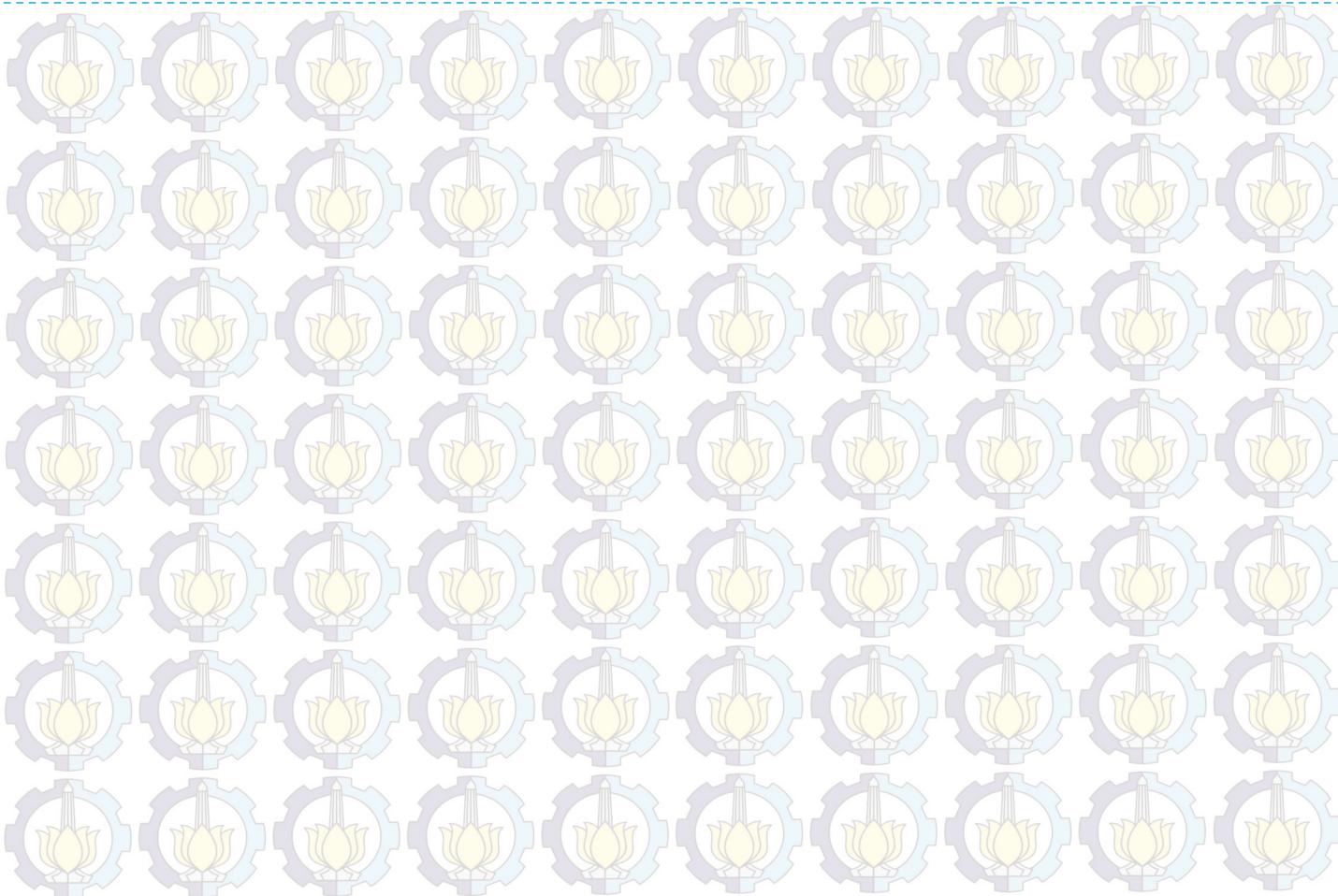


Plot PACF Hasil *Differencing* Data
Keberangkatan Jumlah Penumpang
Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan
Surabaya-Jakarta

Plot Time Series Hasil *Differencing* Data
Keberangkatan Jumlah Penumpang
Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan
Surabaya-Jakarta



Pemodelan & Peramalan





Pemodelan & Peramalan



ii. Estimasi dan Pengujian Parameter

Estimasi dan Pengujian Parameter Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Jakarta

Model Dugaan	Par.	Estimasi	Standar Error	t-value	P-value
ARIMA $(0,1,1)(1,0,0)^{12}$	θ_1	0,64286	0,06543	9,82	<0,0001
	Φ_1	0,47762	0,09135	5,23	<0,0001
ARIMA $(0,1,1)(0,0,2)^{12}$	θ_1	0,61625	0,05643	10,92	<0,0001
	Θ_1	-0,33964	0,06567	-5,17	<0,0001
	Θ_2	-0,21286	0,06626	-3,21	0,0016



Pemodelan & Peramalan



iii. Diagnostic Checking

Hasil Pengujian Asumsi White Noise Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Jakarta

Model Dugaan	Lag	χ^2	df	P-value
ARIMA $(0,1,1)(1,0,0)^{12}$	6	9,21	4	0,0560
	12	10,08	10	0,4337
	18	12,06	16	0,7396
	24	17,08	22	0,7591
	30	21,00	28	0,8252

Model Dugaan	Lag	χ^2	df	P-value
ARIMA $(0,1,1)(0,0,2)^{12}$	6	7,14	3	0,0675
	12	8,80	9	0,4558
	18	12,88	15	0,6114
	24	18,04	21	0,6465
	30	21,63	27	0,7558

Hasil Pengujian Kenormalan Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Jakarta

Model Dugaan	D hitung	P-value
ARIMA $(0,1,1)(1,0,0)^{12}$	0,119183	<0,01
ARIMA $(0,1,1)(0,0,2)^{12}$	0,098356	<0,01





Pemodelan & Peramalan



iv. Deteksi *Outlier*

Berikut adalah deteksi *outlier* pada model ARIMA $(0,1,1)(1,0,0)^{12}$ dengan memasukkan *outlier* yang terdeteksi ke dalam model.

Outlier Pada Model ARIMA $(0,1,1)(1,0,0)^{12}$
 Data Keberangkatan Jumlah Penumpang
 Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan
 Surabaya-Jakarta

Observasi	Jenis Outlier	Waktu Terjadi
153	Additive	September 2012
156	Additive	Desember 2013
27	Shift	Maret 2012
48	Additive	Desember 2003
7	Additive	Juli 2000
70	Additive	Oktober 2005
141	Additive	September 2011

Hasil Estimasi dan Pengujian Parameter Model ARIMA $(0,1,1)(1,0,0)^{12}$ Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Jakarta

Parameter	Estimasi	Standar Error	t-value	P-value
θ_1	0,45474	0,07615	5,97	<0,0001
Φ_1	0,65482	0,06420	10,20	<0,0001
ω_{133}^0	-0,72114	0,07510	-9,60	<0,0001
ω_{156}^0	-0,65459	0,07378	-8,87	<0,0001
ω_{27}^0	0,22093	0,05552	3,98	0,0001
ω_{48}^0	0,26559	0,05285	5,02	<0,0001
ω_7^0	0,22402	0,05242	4,27	<0,0001
ω_{70}^0	-0,16863	0,05237	-3,22	0,0016
ω_{141}^0	0,20252	0,06288	3,22	0,0016





Pemodelan & Peramalan



Hasil Pengujian Asumsi *White Noise* Model ARIMA $(0,1,1)(1,0,0)^{12}$ Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Jakarta

Lag	χ^2	df	P-value
6	0,85	4	0,9320
12	5,82	10	0,8300
18	8,65	16	0,9272
24	22,29	22	0,4428
30	28,19	28	0,4545

Hasil Pengujian Kenormalan Model ARIMA $(0,1,1)(1,0,0)^{12}$ Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Jakarta

D hitung	P-value
0,038915	>0,15





Pemodelan & Peramalan



- Berikut adalah deteksi *outlier* pada model ARIMA $(0,1,1)(0,0,2)^{12}$ dengan memasukkan *outlier* yang terdeteksi ke dalam model.

Outlier Pada Model ARIMA $(0,1,1)(0,0,2)^{12}$
 Data Keberangkatan Jumlah Penumpang
 Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan
 Surabaya-Jakarta

Observasi	Jenis Outlier	Waktu Terjadi
153	Additive	September 2012
156	Additive	Desember 2013
26	Additive	Februari 2012
48	Additive	Desember 2003
7	Additive	Juli 2000
105	Additive	September 2008
86	Additive	Februari 2007
70	Additive	Oktober 2005
140	Additive	Agustus 2011

Hasil Estimasi dan Pengujian Parameter Model ARIMA $(0,1,1)(0,0,2)^{12}$ Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Jakarta

Parameter	Estimasi	Standar Error	t-value	P-value
α_0	0,40531	0,06344	6,39	<0,0001
θ_1	-0,55837	0,07238	-7,72	<0,0001
θ_2	-0,47083	0,07556	-6,23	<0,0001
ω_{135}^0	-0,81518	0,06448	-12,64	<0,0001
ω_{135}^1	0,61497	0,07610	-8,08	<0,0001
ω_{26}^0	-0,19415	0,05419	-3,58	0,0005
ω_{48}^0	0,32024	0,05331	6,01	<0,0001
ω_{70}^0	0,20977	0,05117	4,10	<0,0001
ω_{105}^0	-0,13749	0,05341	-2,57	0,0111
ω_{86}^0	-0,14713	0,05353	-2,75	0,0068
ω_{7}^0	-0,23693	0,05217	-4,54	<0,0001
ω_{140}^0	-0,20827	0,05714	-3,65	0,0004





Pemodelan & Peramalan



Hasil Pengujian Asumsi *White Noise* Model ARIMA $(0,1,1)(0,0,2)^{12}$ Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Jakarta

Lag	χ^2	df	P-value
6	2,39	3	0,4954
12	6,81	9	0,6573
18	16,69	15	0,3376
24	27,15	21	0,1659
30	39,64	27	0,0554

Hasil Pengujian Kenormalan Model ARIMA $(0,1,1)(0,0,2)^{12}$ Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Jakarta

D hitung	P-value
0,038225	>0,15





Pemodelan & Peramalan



► v. Pemilihan Model Terbaik

Perbandingan nilai RMSE pada model ARIMA $(0,1,1)(1,0,0)^{12}$ dan ARIMA $(0,1,1)(0,0,2)^{12}$ adalah sebagai berikut

Model	RMSE
$([12],1,1)$	26.753,8097
$(0,1,[1,12,24])$	45.675,3881

Bentuk umum model ARIMA $(0,1,1)(1,0,0)^{12}$

$$Z_t^* = \frac{(1 - 0,45474B)}{(1 - 0,65482B^{12})(1 - B)} a_t + 0,22402 I_{a,t}^{(7)} + 0,22093 I_{s,t}^{(27)} + 0,26559 I_{a,t}^{(48)} \\ - 0,16863 I_{a,t}^{(70)} + 0,20252 I_{a,t}^{(141)} - 0,72114 I_{a,t}^{(153)} - 0,65459 I_{a,t}^{(156)}$$





Pemodelan & Peramalan



Pada data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Jakarta untuk pemilihan model terbaik menggunakan metode *Winter's* dan ARIMA *Box-Jenkins* yang terpilih adalah menggunakan metode ARIMA $(0,1,1)(1,0,0)^{12}$ dengan nilai RMSE paling rendah dan hasil ramalan dari model terbaik yang terpilih adalah sebagai berikut

Bulan	Ramalan
Januari	481.711
Februari	462.037
Maret	509.711
April	504.387
Mei	520.997
Juni	543.780
Juli	490.657
Agustus	528.184
September	510.426
Oktober	529.559
Nopember	507.017
Desember	526.707





Pemodelan & Peramalan



- ▶ Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Denpasar
- ▶ a. Pemodelan Menggunakan Metode *Winter's*

α	γ	δ	MSE
0,2	0,2	0,1	36.200.891
0,2	0,2	0,2	38.501.301
0,2	0,2	0,3	41.698.668
0,2	0,2	0,4	45.210.667
0,2	0,2	0,5	48.708.604
0,2	0,2	0,6	52.176.822
0,2	0,2	0,7	56.023.959
0,2	0,2	0,8	61.026.299
0,2	0,2	0,9	68.184.887
0,2	0,1	0,1	34.859.075
0,2	0,2	0,1	36.200.891
0,2	0,3	0,1	38.535.740
0,2	0,4	0,1	41.545.966
0,2	0,5	0,1	44.641.413
0,2	0,6	0,1	47.050.857
0,2	0,7	0,1	48.725.420
0,2	0,8	0,1	50.068.433
0,2	0,9	0,1	50.721.930

α	γ	δ	MSE
0,1	0,1	0,1	45.750.220
0,2	0,1	0,1	34.859.075
0,3	0,1	0,1	31.906.608
0,4	0,1	0,1	30.951.792
0,5	0,1	0,1	31.064.562
0,6	0,1	0,1	31.947.494
0,7	0,1	0,1	33.481.950
0,8	0,1	0,1	35.673.483
0,9	0,1	0,1	38.589.906

- ▶ Keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Denpasar dengan nilai MSE paling rendah sebesar 30.951.792 atau nilai RMSE sebesar 5.563,433



Pemodelan & Peramalan



Model terbaik untuk data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Denpasar dengan menggunakan α sebesar 0,4, γ sebesar 0,1 dan δ sebesar 0,1 adalah sebagai berikut

$$L_t = 0,4(Y_t / S_{t-p}) + 0,6[L_{t-1} - T_{t-1}]$$

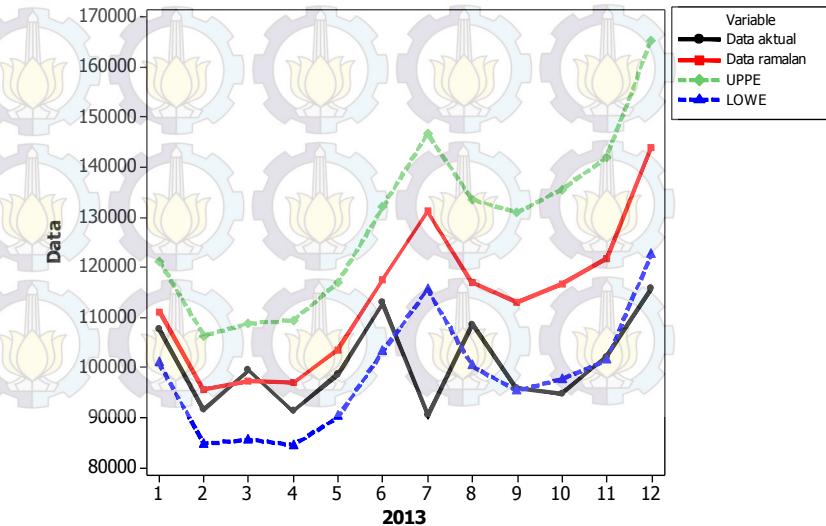
$$T_t = 0,1[L_t - L_{t-1}] + (0,9)T_{t-1}$$

$$S_t = 0,1(Y_t / L_t) + (0,9)S_{t-p}$$

sehingga

$$\hat{Y}_t = (L_{t-1} + T_{t-1})S_{t-p}$$

Secara visual bagaimana pola yang terbentuk antara data aktual dan data ramalan dengan melalui batas atas dan batas bawah

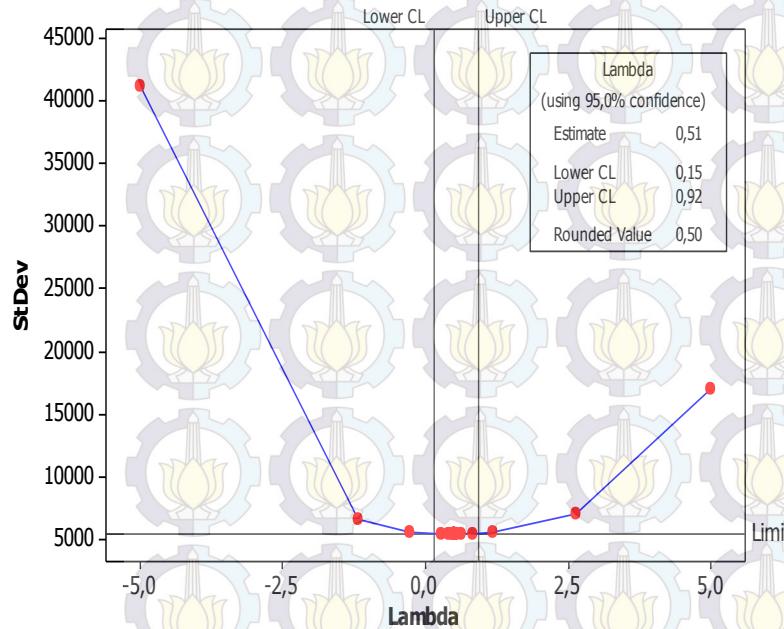




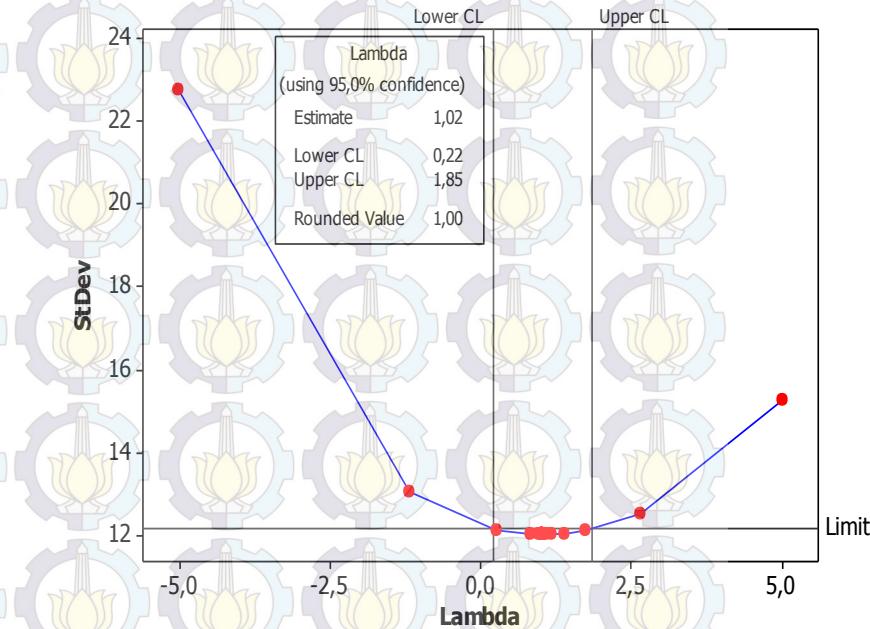
Pemodelan & Peramalan



- ▶ b. Pemodelan Menggunakan Metode ARIMA Box-Jenkins
- ▶ i. Identifikasi Model Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Denpasar



Plot Box-Cox Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Denpasar



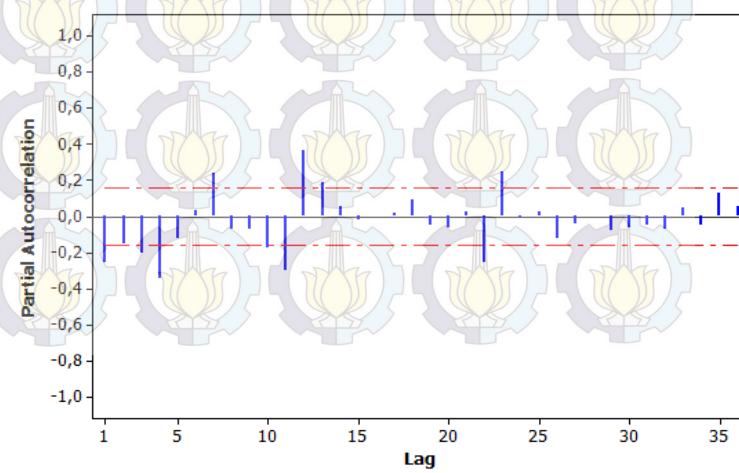
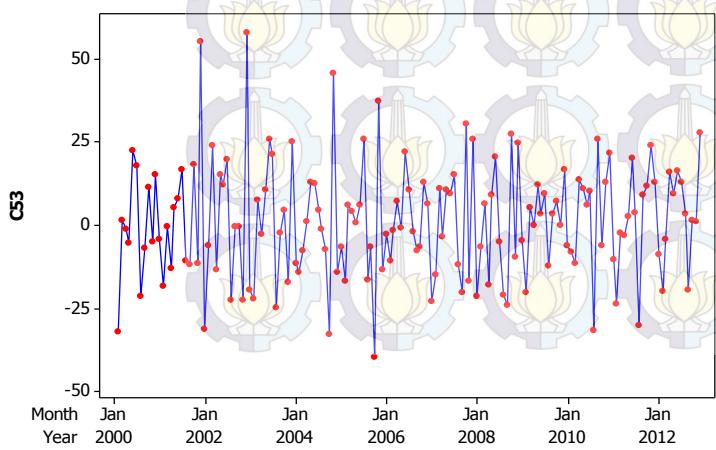
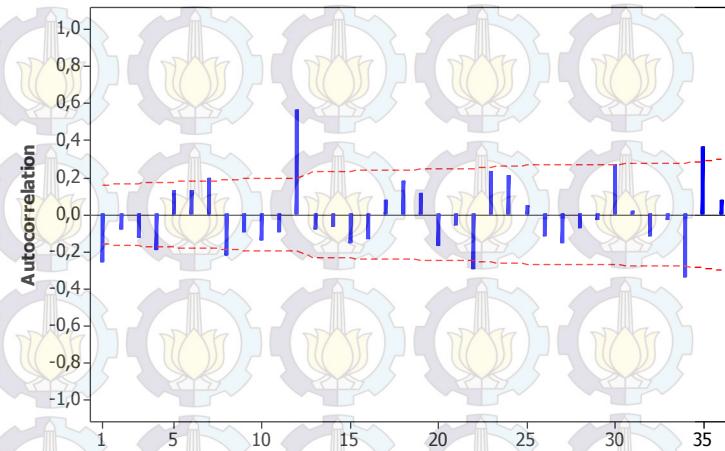
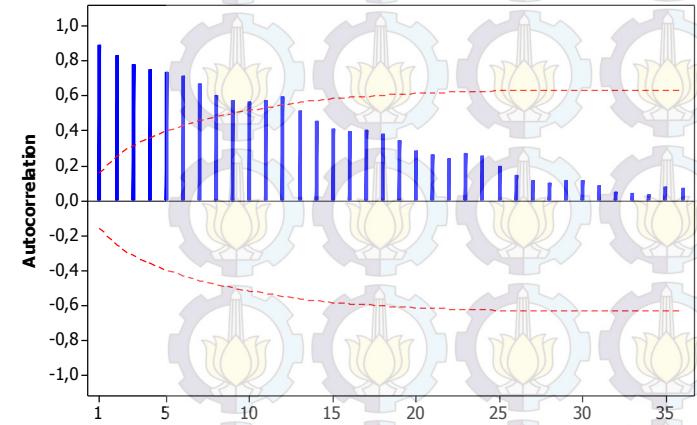
Plot Box-Cox Hasil Transformasi Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Denpasar



Pemodelan & Peramalan



- i. Identifikasi Model Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Denpasar





Pemodelan & Peramalan



- ii. Estimasi dan Pengujian Parameter Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Denpasar

Model Dugaan	Par.	Estimasi	Standar Error	t-value	P-value
ARIMA (0,1,1)(1,0,0) ¹²	θ_1	0,47376	0,07123	6,65	<0,0001
	Φ_1	0,65370	0,06545	9,99	<0,0001
ARIMA (0,1,1)(1,0,1) ¹²	θ_1	0,45774	0,07017	6,52	<0,0001
	Θ_1	-0,25346	0,10406	-2,44	0,0160
	Φ_1	0,50425	0,10000	5,04	<0,0001

Diagnostic Checking pengujian asumsi *white noise*

Model Dugaan	Lag	χ^2	df	P-value
ARIMA (0,1,1)(1,0,0) ¹²	6	0,34	4	0,9874
	12	10,30	10	0,4145
	18	15,00	16	0,5250
	24	26,33	22	0,2376
	30	39,27	28	0,0767
ARIMA (0,1,1)(1,0,1) ¹²	6	0,62	3	0,8926
	12	7,92	9	0,5423
	18	11,90	15	0,6867
	24	20,65	21	0,4808
	30	32,46	27	0,2155

pengujian kenormalan

Model Dugaan	D hitung	P-value
ARIMA (0,1,1)(1,0,0) ¹²	0,043169	>0,15
ARIMA (0,1,1)(1,0,1) ¹²	0,040953	>0,15



Pemodelan & Peramalan

- ▶ iv. Pemilihan Model Terbaik
- ▶ Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Denpasar

Model	RMSE
ARIMA (0,1,1)(1,0,0) ¹²	20.862,11
ARIMA (0,1,1)(1,0,1) ¹²	28.703,43

Bentuk umum model ARIMA (0,1,1)(1,0,1)¹² ditampilkan pada persamaan sebagai berikut

$$Z_t^* = Z_{t-1} + 0,65370Z_{t-12} - 0,65370Z_{t-13} - 0,47376a_{t-1} - 0,47376a_{t-12} + 0,30969a_{t-13} + a_t$$





Pemodelan & Peramalan



Pada data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Denpasar untuk pemilihan model terbaik menggunakan metode *Winter's* dan ARIMA *Box-Jenkins* yang terpilih adalah menggunakan metode *Winter's* dengan α sebesar 0,4, γ sebesar 0,1 dan δ sebesar 0,1 dan hasil ramalan dari model terbaik yang terpilih dapat disajikan pada Tabel 4.23.

Bulan	Ramalan
Januari	104.342
Februari	94.067
Maret	99.129
April	93.853
Mei	98.634
Juni	107.709
Juli	93.354
Agustus	104.989
September	96.778
Oktober	96.123
Nopember	100.910
Desember	109.521





Pemodelan & Peramalan

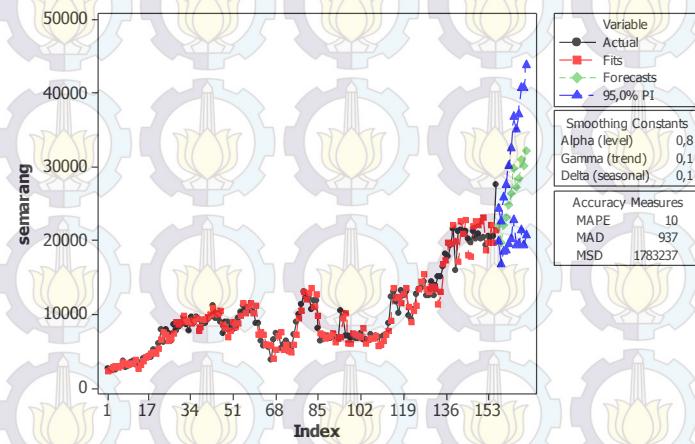


- Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Semarang
 - a. Pemodelan Menggunakan Metode Winter's

α	γ	δ	MSE
0,2	0,2	0,1	3.241.998
0,2	0,2	0,2	3.349.324
0,2	0,2	0,3	3.451.041
0,2	0,2	0,4	3.536.377
0,2	0,2	0,5	3.641.487
0,2	0,2	0,6	3.806.535
0,2	0,2	0,7	4.058.198
0,2	0,2	0,8	4.413.743
0,2	0,2	0,9	4.898.699
0,2	0,1	0,1	3.025.693
0,2	0,2	0,1	3.0241.998
0,2	0,3	0,1	3.489.225
0,2	0,4	0,1	3.746.117
0,2	0,5	0,1	3.890.892
0,2	0,6	0,1	3.949.267
0,2	0,7	0,1	4.043.222
0,2	0,8	0,1	4.210.440
0,2	0,9	0,1	4.333.614
0,1	0,1	0,1	4.443.709
0,2	0,1	0,1	3.025.693
0,3	0,1	0,1	3.415.679
0,4	0,1	0,1	3.111.336
0,5	0,1	0,1	1.942.887
0,6	0,1	0,1	1.847.450
0,7	0,1	0,1	1.798.109
0,8	0,1	0,1	1.783.237
0,9	0,1	0,1	1.797.777

keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Semarang dengan nilai MSE paling kecil sebesar 1.783.237 atau nilai RMSE sebesar 1.335,379 menggunakan α sebesar 0,8, γ sebesar 0,1 dan δ sebesar 0,1.

Hasil plot metode Winter's



Plot Metode Winter's Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Semarang



Pemodelan & Peramalan



Model terbaik untuk data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Semarang dengan menggunakan α sebesar 0,8, γ sebesar 0,1 dan δ sebesar 0,1 adalah sebagai berikut

$$L_t = 0,8(Y_t / S_{t-p}) + 0,2[L_{t-1} - T_{t-1}]$$

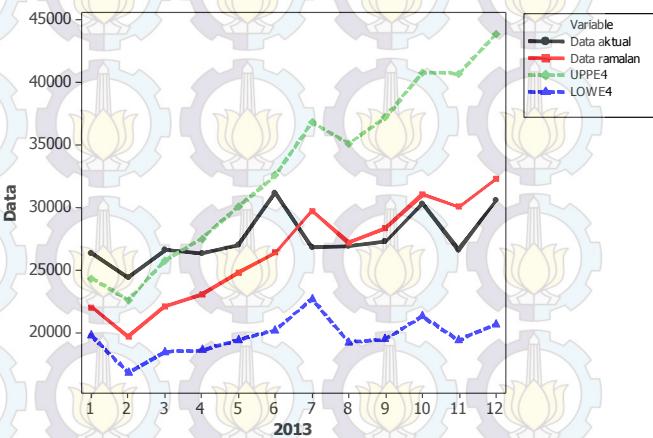
$$T_t = 0,1[L_t - L_{t-1}] + (0,9)T_{t-1}$$

$$S_t = 0,1(Y_t / L_t) + (0,9)S_{t-p}$$

sehingga

$$\hat{Y}_t = (L_{t-1} + T_{t-1})S_{t-p}$$

Secara visual pola yang terbentuk antara data aktual dan data ramalan dengan melalui batas atas dan batas bawah



Plot Data Aktual dan Ramalan Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Semarang

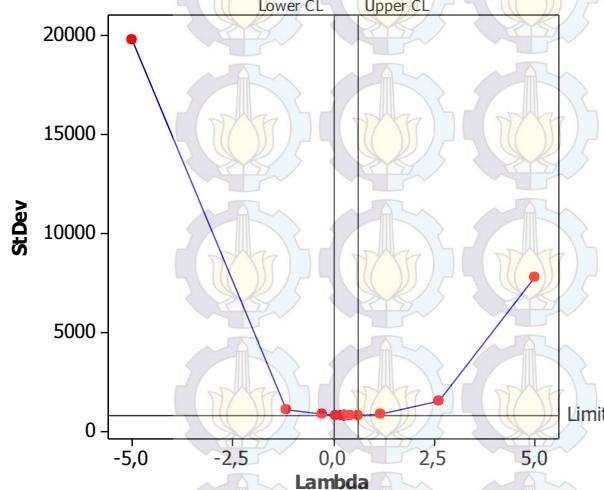




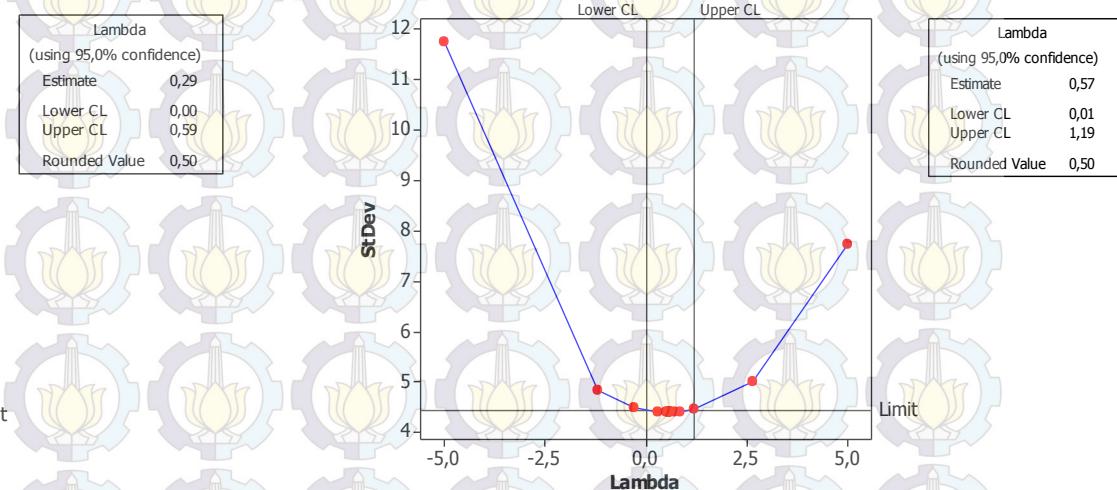
Pemodelan & Peramalan



- ▶ b. Pemodelan Menggunakan Metode ARIMA Box-Jenkins
- ▶ i. Identifikasi Model



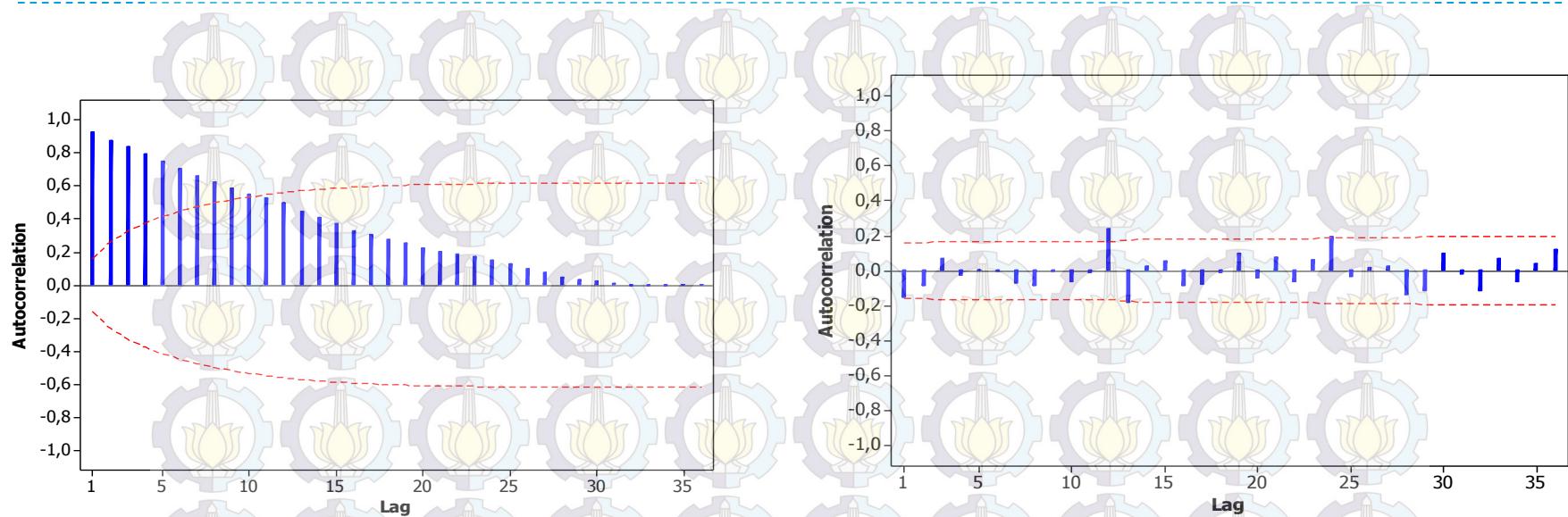
Plot Box-Cox Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Semarang



Plot Box-Cox Hasil Transformasi Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Semarang



Pemodelan & Peramalan

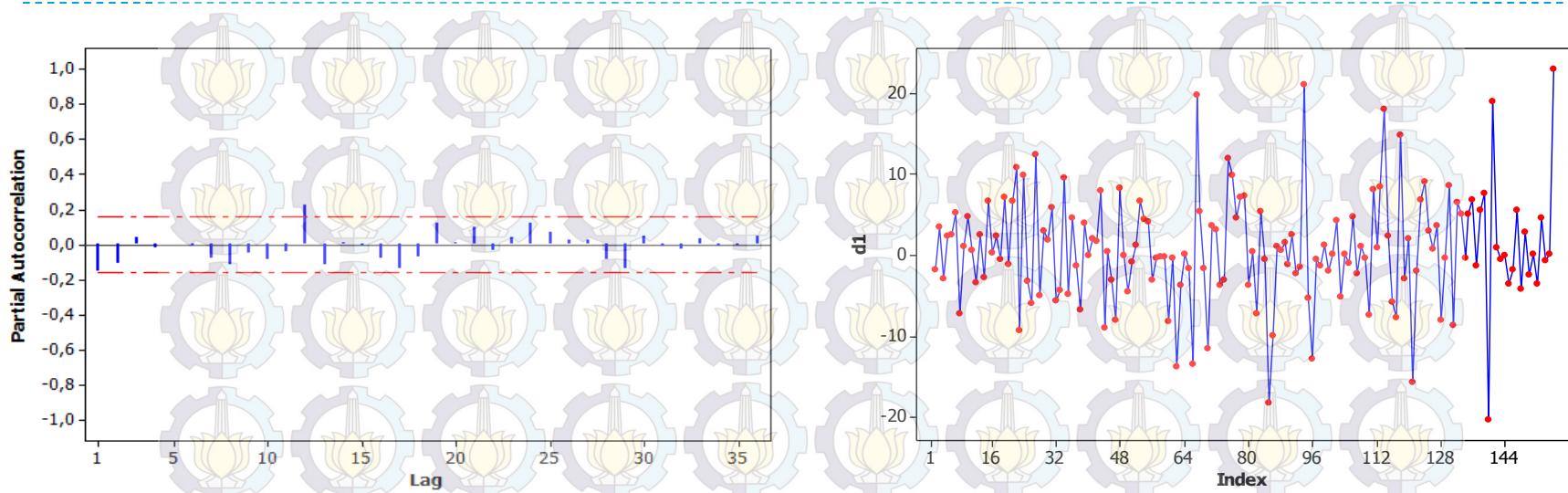


Plot ACF Data Keberangkatan Jumlah
Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute
Penerbangan Surabaya-Semarang

Plot ACF Hasil Differencing Lag 1 Data
Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat
Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-
Semarang



Pemodelan & Peramalan



Plot PACF Hasil Differencing Lag 1 Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Semarang

Plot Time Series Hasil Differencing Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Semarang





Pemodelan & Peramalan



► ii. Estimasi dan Pengujian Parameter

Model Dugaan	Par.	Estimasi	Standar Error	t-value	P-value
ARIMA (0,1,0)(1,0,0) ¹²	ϕ_1	0,26686	0,08155	3,27	0,0013
ARIMA (0,1,0)(0,1,1) ¹²	Θ_1	-0,20673	0,08346	-2,48	0,0143

iii. Diagnostic Checking

Hasil Pengujian Asumsi White Noise Data
Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat
Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Semarang

Model Dugaan	Lag	χ^2	df	P-value
ARIMA (0,1,0)(1,0,0) ¹²	6	4,29	5	0,5083
	12	7,64	11	0,7455
	18	12,75	17	0,7531
	24	20,89	23	0,5879
ARIMA (0,1,0)(0,1,1) ¹²	30	29,08	29	0,4608
	6	4,29	5	0,5090
	12	7,30	11	0,7744
	18	12,75	17	0,7527
	24	23,32	23	0,4421
	30	31,14	29	0,3587

Hasil Pengujian Kenormalan Data Keberangkatan
Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute
Penerbangan Surabaya-Semarang

Model Dugaan	D hitung	P-value
ARIMA (0,1,0)(1,0,0) ¹²	0,084504	<0,0100
ARIMA (0,1,0)(0,1,1) ¹²	0,082296	0,0111





Pemodelan & Peramalan



- ▶ iv. Deteksi *Outlier*
- ▶ Data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Semarang dilakukan pada kedua model, yaitu model ARIMA $(0,1,0)(1,0,0)^{12}$ dan ARIMA $(0,1,0)(0,1,1)^{12}$.

Outlier pada model ARIMA $(0,1,0)(1,0,0)^{12}$

Observasi	Jenis <i>Outlier</i>	Waktu Terjadi
66	Additive	Juni 2005
140	Additive	Agustus 2011
156	Additive	Desember 2012

Hasil Estimasi dan Pengujian Parameter Model ARIMA $(0,1,0)(0,1,1)^{12}$

Parameter	Estimasi	Standard Error	t-value	P-value
Φ_1	0,28143	0,07911	3,56	0,0005
ω_{140}^0	-17,61528	3,96199	-4,45	<0,0001
ω_{66}^0	-16,68513	3,95495	-4,22	<0,0001
ω_{156}^0	23,03639	5,81014	3,96	<0,0001



Pemodelan & Peramalan



► *Diagnostic checking*

Hasil Pengujian Asumsi *White Noise* Model ARIMA $(0,1,0)(1,0,0)^{12}$ Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Semarang

Lag	χ^2	df	P-value
6	3,97	5	0,5537
12	9,98	11	0,5321
18	15,23	17	0,5791
24	20,52	23	0,6101
30	28,65	29	0,4834

Hasil Pengujian Kenormalan Model ARIMA $(0,1,0)(1,0,0)^{12}$ Pada Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Semarang

D hitung	P-value
0,066196	0,0941





Pemodelan & Peramalan

- ▶ iv. Deteksi *Outlier*
- ▶ Data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Semarang dilakukan pada model ARIMA (0,1,0)(0,1,1)¹²

Outlier Pada Model ARIMA (0,1,0)(0,1,1)¹²

Observasi	Jenis <i>Outlier</i>	Waktu Terjadi
66	Additive	Juni 2005
94	Shift	Oktober 2007
140	Additive	Agustus 2011
156	Additive	Desember 2012

Hasil Estimasi dan Pengujian Parameter Model
ARIMA (0,1,0)(0,1,1)¹²

Parameter	Estimasi	Standard Error	t-value	P-value
Θ_1	-0,25630	0,08140	-3,15	0,0020
ω_{140}^0	-17,65748	3,84473	-4,59	<0,0001
ω_{66}^0	-17,04009	3,82491	-4,46	<0,0001
ω_{156}^0	23,44414	5,59956	4,19	<0,0001
ω_{54}^0	21,77366	5,40664	4,03	<0,0001





Pemodelan & Peramalan



- ▶ *Diagnostic checking*
- ▶ Data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Semarang

Pengujian *white noise*

Lag	χ^2	df	<i>P-value</i>
6	2,18	5	0,8235
12	5,25	11	0,9183
18	14,18	17	0,6546
24	23,83	23	0,4131
30	30,91	29	0,3696

Pengujian kenormalan

<i>D</i> hitung	<i>P-value</i>
0,05984	>0,15





Pemodelan & Peramalan



- ▶ v. Pemilihan Model Terbaik
- ▶ Perbandingan nilai RMSE data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Semarang

Model	RMSE
ARIMA (0,1,0)(1,0,0) ¹²	7.581,94
ARIMA (0,1,0)(0,1,1) ¹²	8.084,75

Bentuk umum model ARIMA (0,1,0)(1,0,0)¹²

$$Z_t^* = \frac{1}{(1 - 0,28143 B^{12})(1 - B)} a_t - 16,68513 I_{a,t}^{(66)} - 17,61528 I_{a,t}^{(140)} + 23,03639 I_{a,t}^{(156)}$$





Pemodelan & Peramalan



- ▶ Hasil Ramalan Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Semarang

Bulan	Ramalan
Januari	31.378
Februari	30.766
Maret	31.467
April	31.377
Mei	31.597
Juni	32.862
Juli	31.516
Agustus	31.553
September	31.669
Oktober	32.612
Nopember	31.469
Desember	32.681



Pemodelan & Peramalan



- ▶ Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Ujung Pandang
- ▶ a. Pemodelan Menggunakan Metode *Winter's*

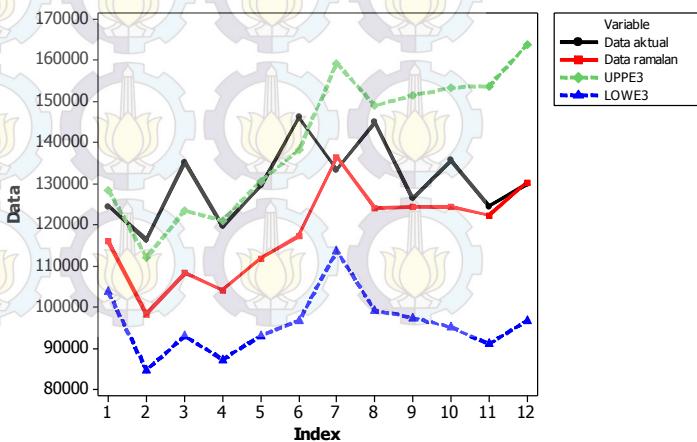
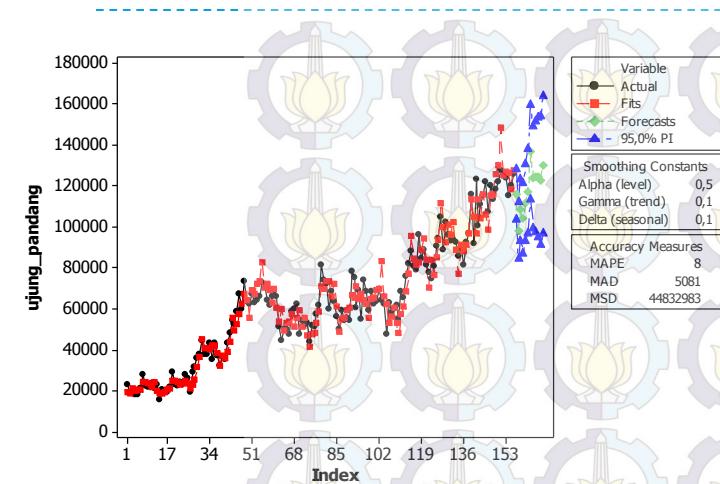
α	γ	δ	MSE
0,2	0,2	0,1	63.958.357
0,2	0,2	0,2	65.726.424
0,2	0,2	0,3	69.055.091
0,2	0,2	0,4	73.723.281
0,2	0,2	0,5	79.909.245
0,2	0,2	0,6	87.943.411
0,2	0,2	0,7	98.330.287
0,2	0,2	0,8	112.046.957
0,2	0,2	0,9	131.236.898
0,2	0,1	0,1	59.468.631
0,2	0,2	0,1	63.958.357
0,2	0,3	0,1	66.978.358
0,2	0,4	0,1	68.321.581
0,2	0,5	0,1	68.994.653
0,2	0,6	0,1	68.924.849
0,2	0,7	0,1	66.929.526
0,2	0,8	0,1	63.583.212
0,2	0,9	0,1	60.621.772

α	γ	δ	MSE
0,1	0,1	0,1	80.686.088
0,2	0,1	0,1	59.468.631
0,3	0,1	0,1	50.277.566
0,4	0,1	0,1	46.177.138
0,5	0,1	0,1	44.832.983
0,6	0,1	0,1	45.111.366
0,7	0,1	0,1	46.503.823
0,8	0,1	0,1	48.828.530
0,9	0,1	0,1	52.090.735

pada data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Ujung Pandang dengan nilai MSE paling kecil sebesar 44.832.983 atau nilai RMSE sebesar 6.695.744 menggunakan α sebesar 0,5, γ sebesar 0,1 dan δ sebesar 0,1.



Pemodelan & Peramalan

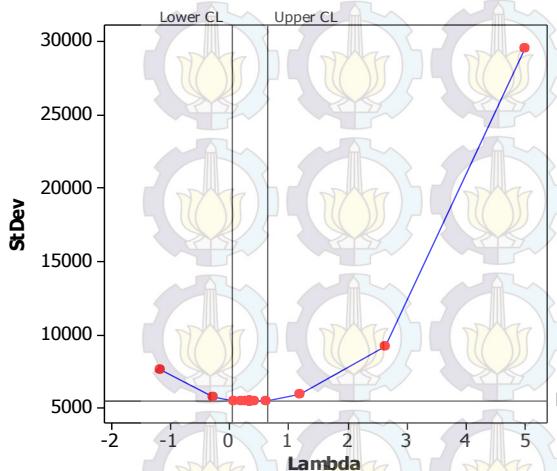




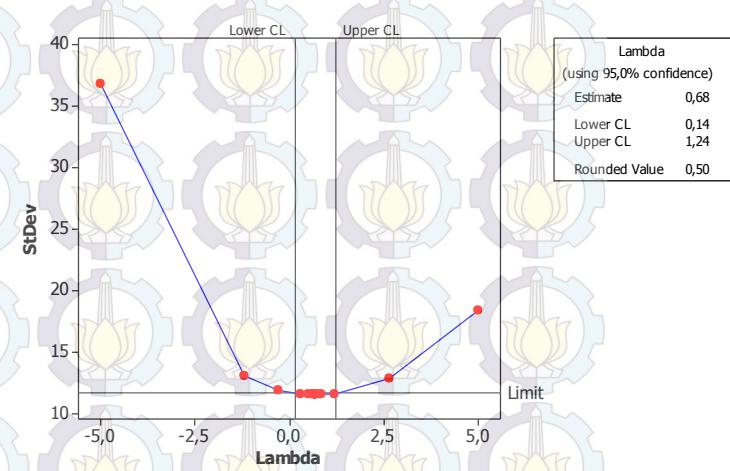
Pemodelan & Peramalan



- ▶ b. Pemodelan Menggunakan Metode ARIMA *Box-Jenkins*
- ▶ i. Identifikasi Model data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Ujung Pandang

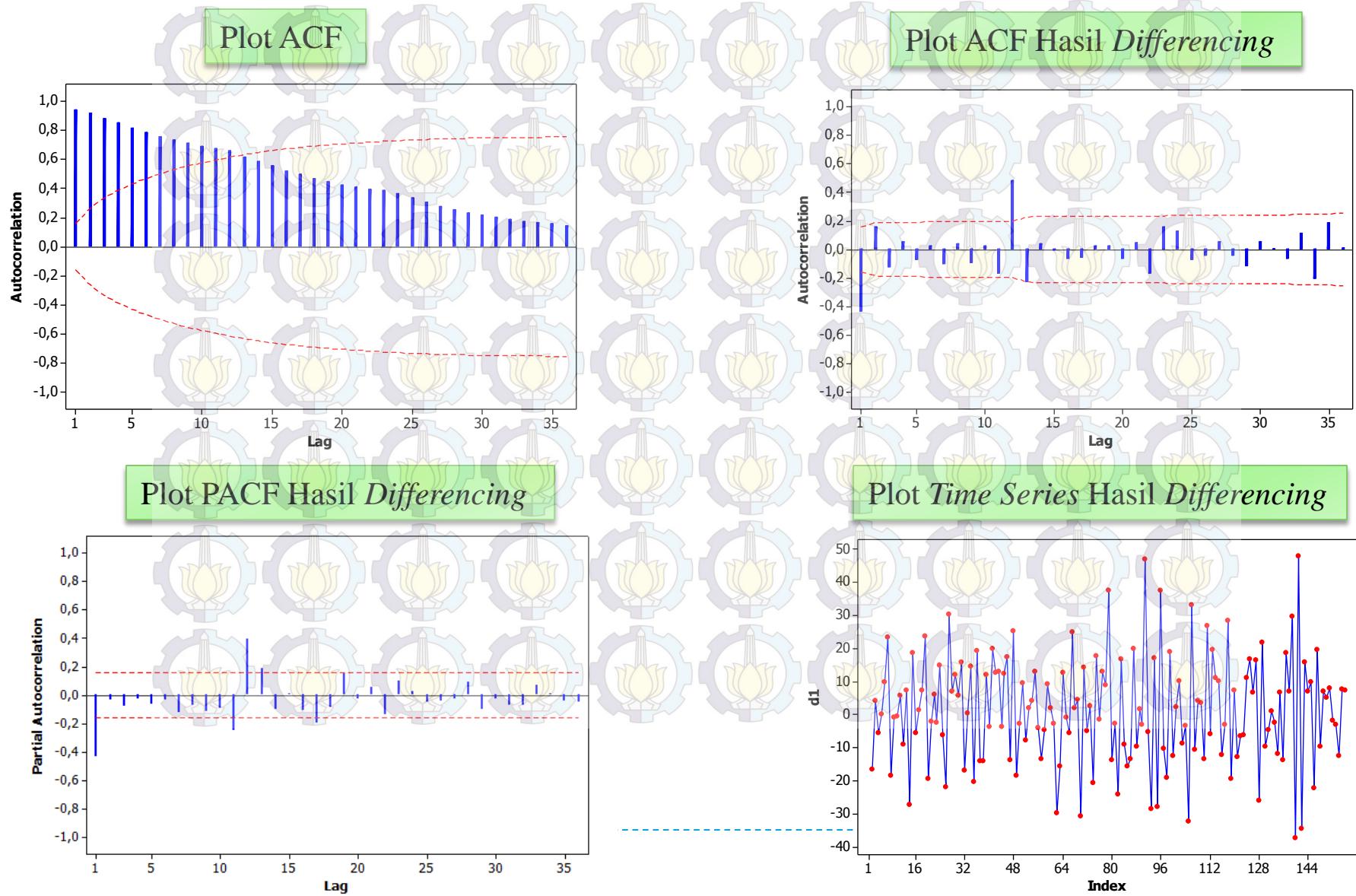


Plot *Box-Cox* Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Ujung Pandang



Plot *Box-Cox* Hasil Transformasi Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Ujung Pandang

Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Ujung Pandang





Pemodelan & Peramalan



- ii. Estimasi dan pengujian parameter pada data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Ujung Pandang

Model Dugaan	Par.	Estimasi	Standar Error	t-value	P-value
ARIMA $(1,1,0)(1,0,0)^{12}$	ϕ_1	-0,35281	0,06522	-5,41	<0,0001
	Φ_1	0,44720	0,06640	6,74	<0,0001
ARIMA $(0,1,1)(1,0,0)^{12}$	θ_1	0,37652	0,07489	5,03	<0,0001
	Φ_1	0,50634	0,07130	7,10	<0,0001



Pemodelan & Peramalan



- iii. *Diagnostic Checking* pada data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Ujung Pandang

white noise

Model Dugaan	Lag	χ^2	df	P-value
ARIMA $(1,1,0)(1,0,0)^{12}$	6	4,06	4	0,3974
	12	11,15	10	0,3460
	18	19,07	16	0,2650
	24	31,14	22	0,0933
	30	40,64	28	0,0579
ARIMA $(0,1,1)(1,0,0)^{12}$	6	9,43	4	0,0512
	12	16,86	10	0,0776
	18	19,60	16	0,2390
	24	30,96	22	0,0970
	30	37,64	28	0,1053

distribusi normal

Model Dugaan	D hitung	P-value
ARIMA $(1,1,0)(1,0,0)^{12}$	0,049173	>0,15
ARIMA $(0,1,1)(1,0,0)^{12}$	0,033592	>0,15



Pemodelan & Peramalan



- iv. Pemilihan Model Terbaik pada data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Ujung Pandang

Perbandingan Nilai RMSE

Model	RMSE
ARIMA $(1,1,0)(1,0,0)^{12}$	8.963,17
ARIMA $(0,1,1)(1,0,0)^{12}$	8.192,89

Bentuk umum model ARIMA $(0,1,1)(1,0,0)^{12}$

$$Z_t^* = Z_{t-1} + 0,50634Z_{t-12} - 0,50634Z_{t-13} - 0,37652a_{t-1} + a_t$$





Pemodelan & Peramalan



- ▶ Hasil ramalan data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Ujung Pandang

Bulan	Ramalan
Januari	129.930
Februari	125.645
Maret	135.464
April	127.383
Mei	132.499
Juni	140.968
Juli	134.543
Agustus	140.410
September	130.909
Oktober	135.657
Nopember	129.934
Desember	132.704



Pemodelan & Peramalan



- Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Jogjakarta

a. Pemodelan Menggunakan Metode Winter's

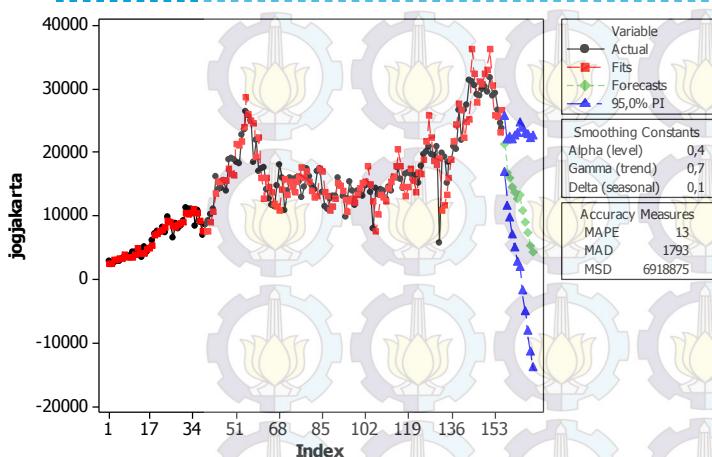
α	γ	δ	MSE
0,2	0,2	0,1	9.631.841
0,2	0,2	0,2	9.841.995
0,2	0,2	0,3	10.292.009
0,2	0,2	0,4	11.010.963
0,2	0,2	0,5	12.002.542
0,2	0,2	0,6	13.263.548
0,2	0,2	0,7	14.807.494
0,2	0,2	0,8	16.711.775
0,2	0,2	0,9	19.210.815
0,2	0,1	0,1	8.911.828
0,2	0,2	0,1	9.631.841
0,2	0,3	0,1	9.625.930
0,2	0,4	0,1	9.064.979
0,2	0,5	0,1	8.369.250
0,2	0,6	0,1	7.921.876
0,2	0,7	0,1	7.828.755
0,2	0,8	0,1	8.061.556
0,2	0,9	0,1	8.527.054

α	γ	δ	MSE
0,1	0,7	0,1	17.861.129
0,2	0,7	0,1	7.828.755
0,3	0,7	0,1	7.145.260
0,4	0,7	0,1	6.918.875
0,5	0,7	0,1	7.267.679
0,6	0,7	0,1	7.903.055
0,7	0,7	0,1	8.689.737
0,8	0,7	0,1	9.691.927
0,9	0,7	0,1	11.028.807

pada data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Jogjakarta dengan nilai MSE paling kecil sebesar 6.918.875 atau nilai RMSE sebesar 2.630,375 menggunakan α sebesar 0,4, γ sebesar 0,7 dan δ sebesar 0,1.



Pemodelan & Peramalan



Model terbaik untuk data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Jogjakarta dengan menggunakan α sebesar 0,4, γ sebesar 0,7 dan δ sebesar 0,1 adalah sebagai berikut

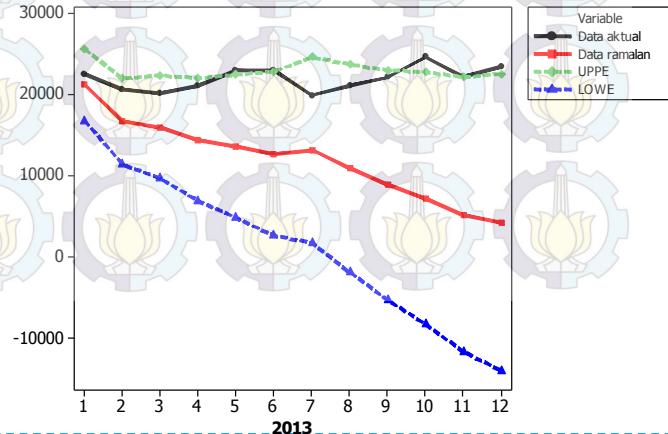
$$L_t = 0,4(Y_t / S_{t-p}) + 0,6[L_{t-1} - T_{t-1}]$$

$$T_t = 0,7[L_t - L_{t-1}] + (0,3)T_{t-1}$$

$$S_t = 0,1(Y_t / L_t) + (0,9)S_{t-p}$$

sehingga

$$\hat{Y}_t = (L_{t-1} + T_{t-1})S_{t-p}$$

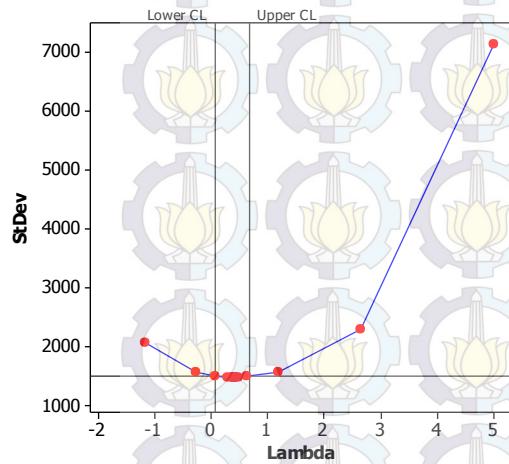




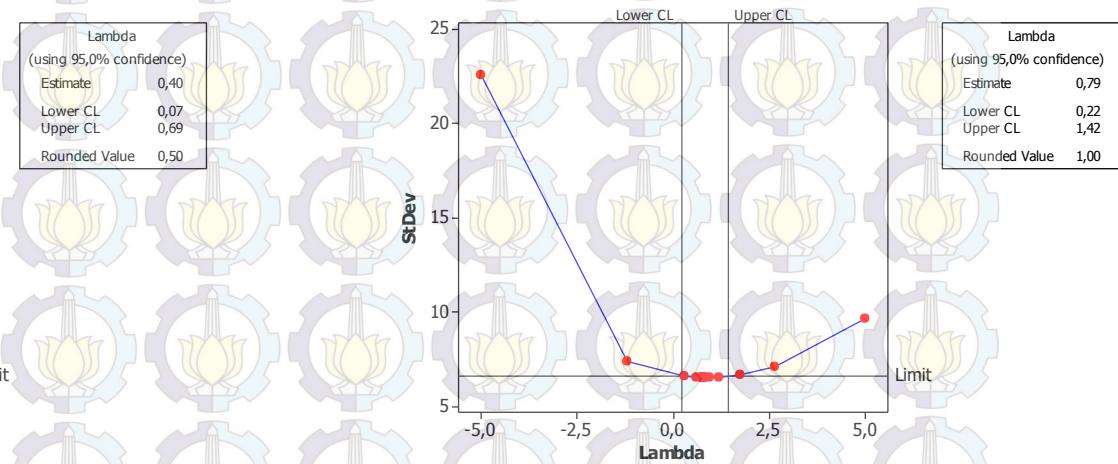
Pemodelan & Peramalan



- ▶ **b. Pemodelan Menggunakan Metode ARIMA Box-Jenkins**
- ▶ i. Identifikasi Model data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Jogjakarta



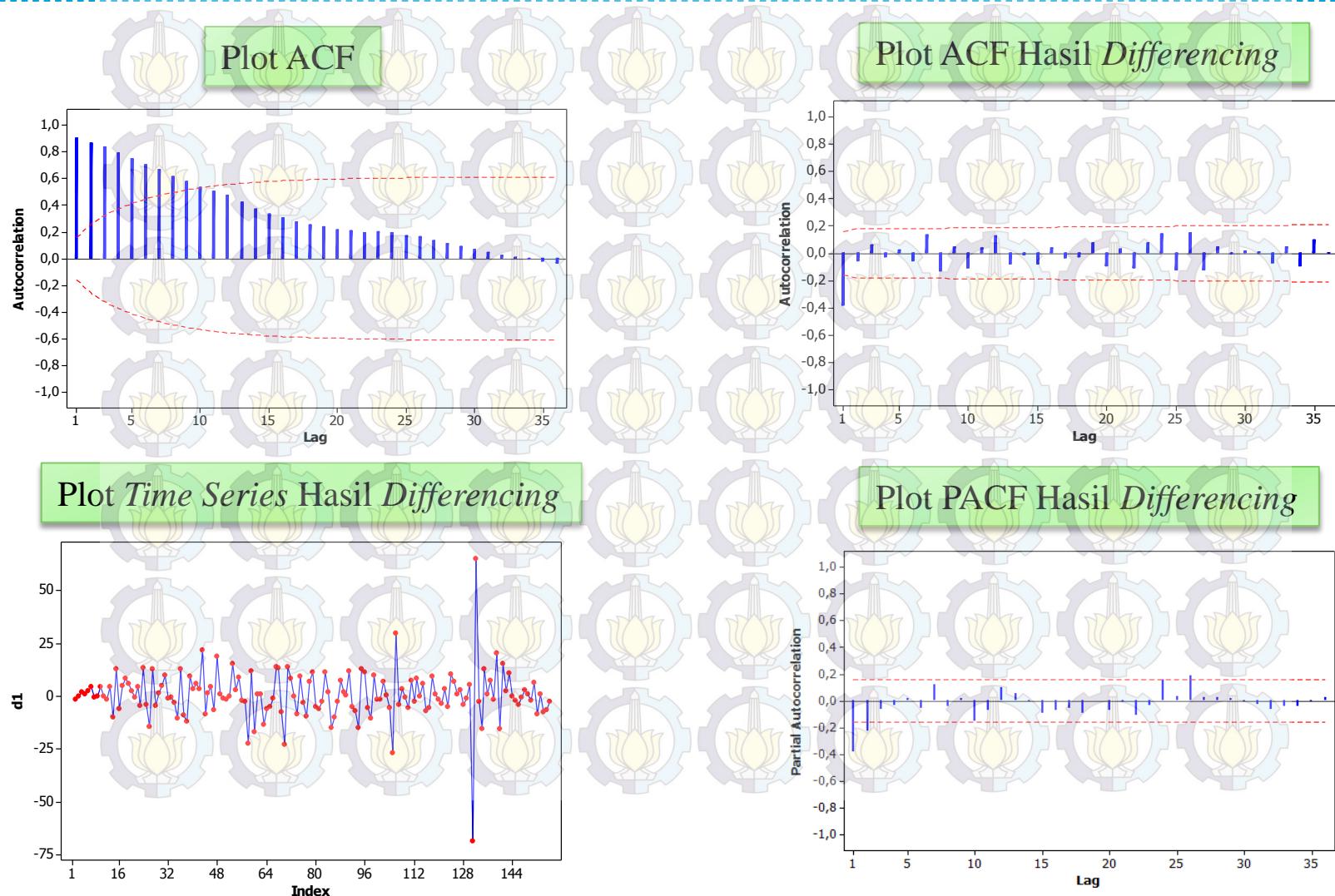
Plot Box-Cox Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Jogjakarta



Plot Box-Cox Hasil Transformasi Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Jogjakarta



Pemodelan & Peramalan





Pemodelan & Peramalan



- ii. Estimasi dan Pengujian Parameter pada data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Jogjakarta

Model Dugaan	Par.	Estimasi	Standar Error	t-value	P-value
ARIMA (1,1,0)	ϕ_1	-0,37260	0,07480	-4,98	<0,0001
ARIMA (0,1,1)	θ_1	0,46263	0,07184	6,44	<0,0001



Pemodelan & Peramalan



- iii. *Diagnostic Checking* pada data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Jogjakarta

white noise

Model Dugaan	Lag	χ^2	df	P-value
ARIMA (1,1,0)	6	7,90	5	0,1617
	12	17,98	11	0,0821
	18	20,29	17	0,2596
	24	32,51	23	0,0900
	30	35,39	29	0,1859
ARIMA (0,1,1)	6	0,99	5	0,9634
	12	9,58	11	0,5683
	18	12,45	17	0,7724
	24	26,09	23	0,2969
	30	30,22	29	0,4029

kenormalan

Model Dugaan	D hitung	P-value
ARIMA (1,1,0)	0,104393	<0,01
ARIMA (0,1,1)	0,114875	<0,01





Pemodelan & Peramalan



- Deteksi *outlier* pada data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Jogjakarta dilakukan pada kedua model, yaitu model ARIMA (1,1,0) dan ARIMA (0,1,1).

outlier pada model ARIMA (1,1,0)

Observasi	Jenis Outlier	Waktu Terjadi
131	Additive	Nopember 2010
105	Additive	September 2008
70	Additive	Oktober 2005
94	Additive	Oktober 2007
43	Additive	Juli 2003
58	Shift	Oktober 2004

Hasil Estimasi dan Pengujian Parameter Model ARIMA (1,1,0)

Parameter	Estimasi	Standar Error	t-value	P-value
ϕ_1	-0,21741	0,08093	-2,69	0,0080
ω_{131}^0	-65,84178	5,63061	-11,69	<0,0001
ω_{08}^0	-28,63674	5,62766	-5,09	<0,0001
ω_0^0	-20,44202	5,62171	-3,64	0,0004
ω_{54}^0	-16,33435	5,63012	-2,90	0,0043
ω_{43}^0	20,94116	7,07889	2,96	0,0036
ω_{58}^0	-20,25264	7,07651	-2,86	0,0048





Pemodelan & Peramalan



Deteksi outlier pada data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Jogjakarta

Hasil Pengujian Asumsi White Noise Model ARIMA (1,1,0)

Lag	χ^2	df	P-value
6	2,71	5	0,7443
12	18,12	11	0,0787
18	22,23	17	0,1760
24	29,90	23	0,1523
30	31,11	29	0,3601

Hasil Pengujian Kenormalan Model ARIMA (1,1,0)

D hitung	P-value
0,040186	>0,15





Pemodelan & Peramalan



Deteksi *outlier* pada data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Jogjakarta

outlier pada model ARIMA (0,1,1)

Observasi	Jenis Outlier	Waktu Terjadi
131	Additive	Nopember 2010
105	Additive	September 2008
43	Additive	Juli 2003
58	Shift	Oktober 2004
70	Additive	Oktober 2005

Hasil Estimasi dan Pengujian Parameter Model ARIMA (0,1,1)

Parameter	Estimasi	Standar Error	t-value	P-value
θ_1	0,24214	0,08022	3,02	0,0030
ω_{131}^0	-65,61157	5,82198	-11,27	<0,0001
ω_{105}^0	-28,65324	5,81820	-4,92	<0,0001
ω_{43}^0	21,33793	7,18416	2,97	0,0035
ω_{58}^0	-20,88407	7,16052	-2,92	0,0041
ω_{70}^0	-19,75096	5,82113	-3,39	0,0009





Pemodelan & Peramalan



- ▶ *Diagnostic checking* pada data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Jogjakarta

Hasil Pengujian Asumsi *White Noise* Model ARIMA
(0,1,1)

Lag	χ^2	df	P-value
6	2,08	5	0,8376
12	17,04	11	0,1067
18	22,82	17	0,1550
24	30,36	23	0,1394
30	31,55	29	0,3398

Hasil Pengujian Kenormalan Model ARIMA (0,1,1)

D hitung	P-value
0,041273	>0,15



Pemodelan & Peramalan



- v. Pemilihan Model Terbaik pada data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Jogjakarta

Model	RMSE
ARIMA (1,1,0)	2.312,27
ARIMA (0,1,1)	2.481,62

Model ARIMA yang terbaik adalah model ARIMA (1,1,0)

$$Z_t^* = \frac{1}{(1 + 0,21741B)(1 - B)} a_t + 20,94116I_{a,t}^{(43)} - 20,25264I_{s,t}^{(58)} - 20,44202I_{a,t}^{(70)} \\ - 16,33435I_{a,t}^{(94)} - 28,63674I_{a,t}^{(105)} - 65,84178I_{a,t}^{(131)}$$



Pemodelan & Peramalan



- ▶ Hasil ramalan bulan Januari – Desember 2014

bulan	Ramalan
Januari	23.149
Februari	23.202
Maret	23.191
April	23.193
Mei	23.193
Juni	23.193
Juli	23.193
Agustus	23.193
September	23.193
Oktober	23.193
Nopember	23.193
Desember	23.193



Pemodelan & Peramalan



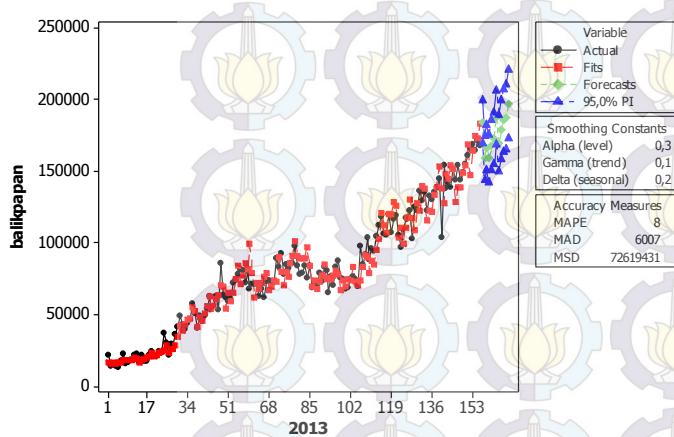
- ▶ Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Balikpapan
- ▶ a. Pemodelan Menggunakan Metode *Winter's*

α	γ	δ	MSE
0,2	0,2	0,1	80.521.722
0,2	0,2	0,2	79.897.540
0,2	0,2	0,3	80.288.919
0,2	0,2	0,4	82.251.601
0,2	0,2	0,5	85.506.252
0,2	0,2	0,6	89.833.376
0,2	0,2	0,7	95.191.647
0,2	0,2	0,8	101.619.097
0,2	0,2	0,9	109.179.910
0,2	0,1	0,2	75.774.426
0,2	0,2	0,2	79.897.540
0,2	0,3	0,2	84.606.221
0,2	0,4	0,2	87.111.688
0,2	0,5	0,2	85.783.150
0,2	0,6	0,2	82.375.013
0,2	0,7	0,2	79.556.742
0,2	0,8	0,2	78.312.516
0,2	0,9	0,2	79.298.249
0,1	0,1	0,2	92.276.995
0,2	0,1	0,2	75.774.426
0,3	0,1	0,2	72.619.431
0,4	0,1	0,2	73.925.527
0,5	0,1	0,2	77.372.445
0,6	0,1	0,2	81.578.559
0,7	0,1	0,2	85.865.808
0,8	0,1	0,2	89.998.513
0,9	0,1	0,2	94.051.105

pada data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Balikpapan dengan nilai MSE paling kecil sebesar 72.619.431 atau nilai RMSE sebesar 8.521,704 menggunakan α sebesar 0,3, γ sebesar 0,1 dan δ sebesar 0,2.



Pemodelan & Peramalan



Model terbaik untuk data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Balikpapan dengan menggunakan α sebesar 0,3, γ sebesar 0,1 dan δ sebesar 0,2 adalah sebagai berikut

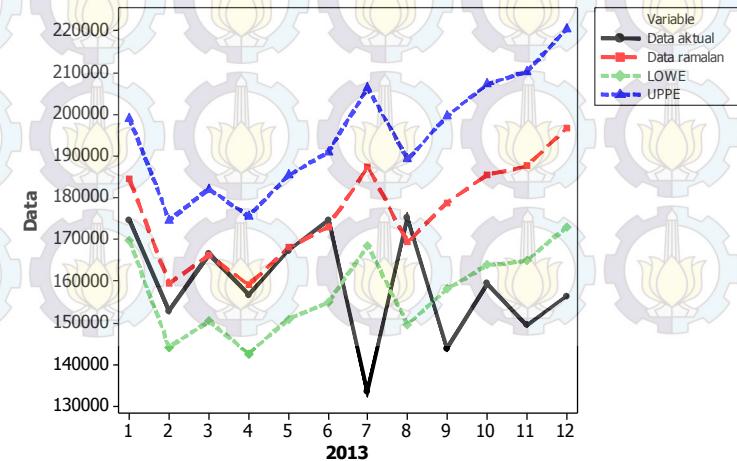
$$L_t = 0,3(Y_t / S_{t-p}) + 0,7[L_{t-1} - T_{t-1}]$$

$$T_t = 0,1[L_t - L_{t-1}] + (0,9)T_{t-1}$$

$$S_t = 0,2(Y_t / L_t) + (0,8)S_{t-p}$$

sehingga

$$\hat{Y}_t = (L_{t-1} + T_{t-1})S_{t-p}$$



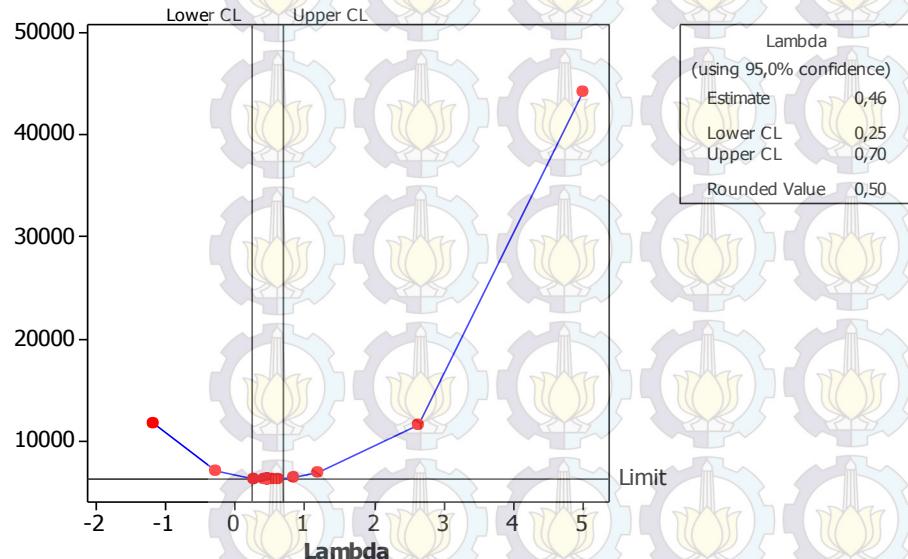


Pemodelan & Peramalan

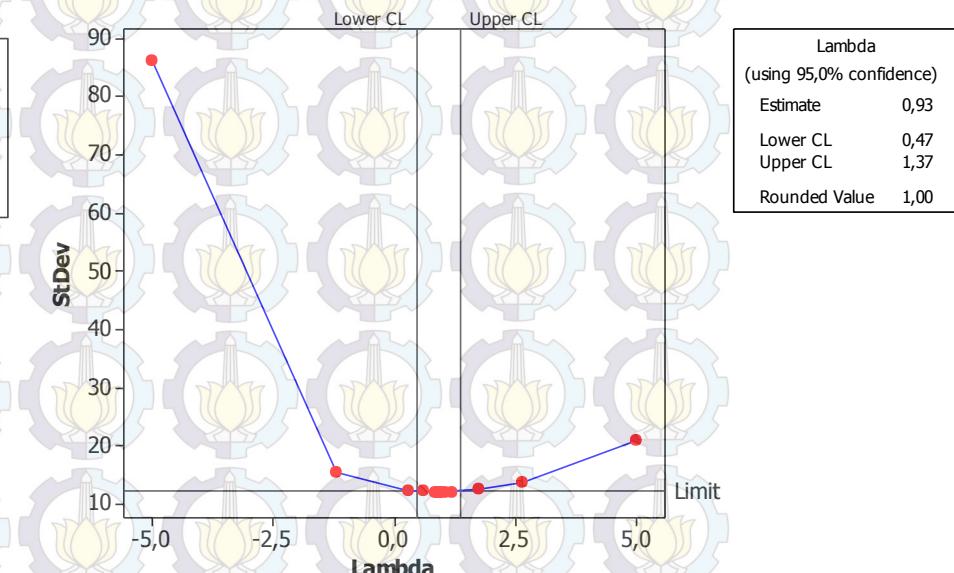


- ▶ b. Pemodelan Menggunakan Metode ARIMA Box-Jenkins
- ▶ i. Identifikasi Model data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Balikpapan

Plot Box-Cox

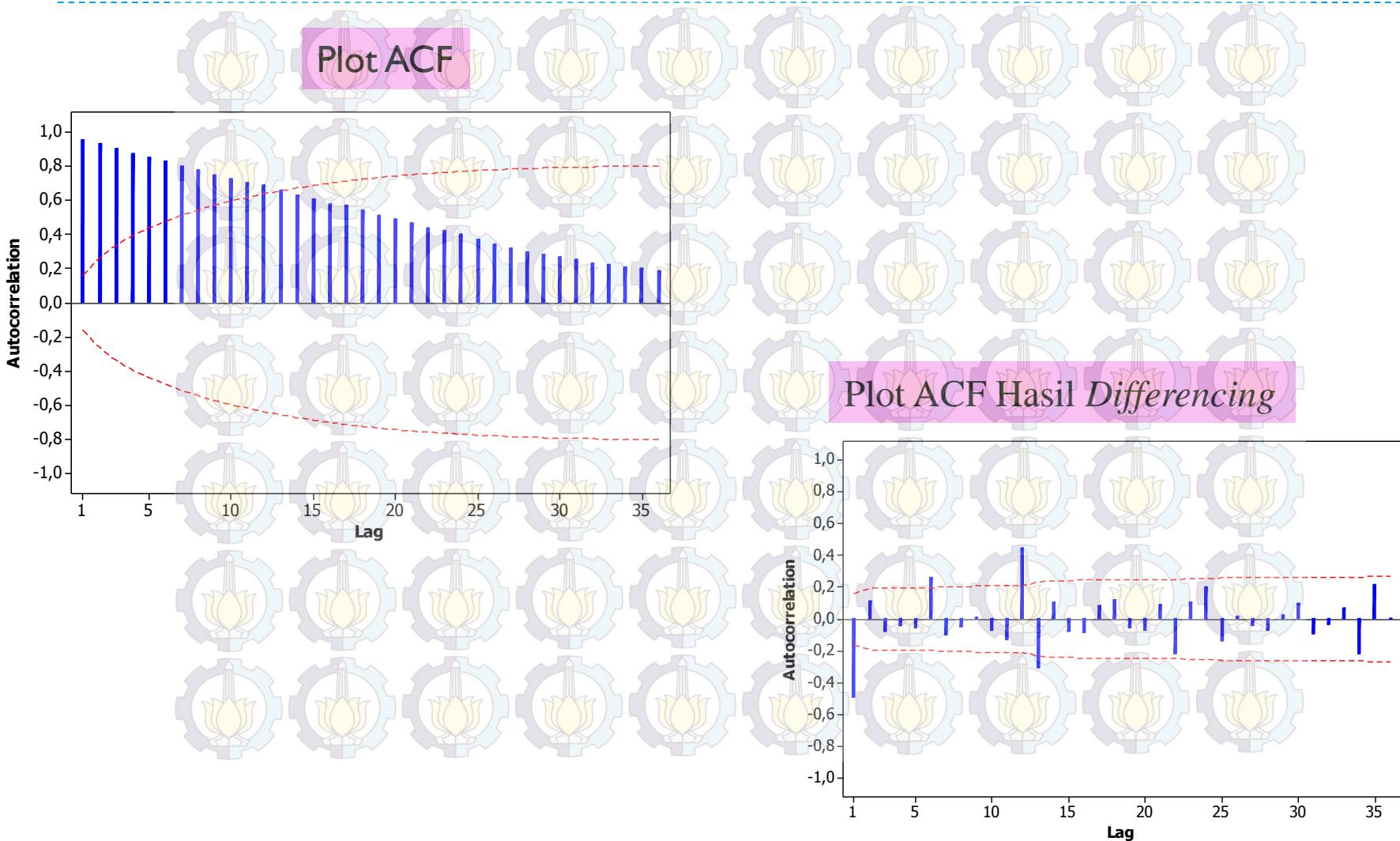


Plot Box-Cox Hasil Transformasi





Pemodelan & Peramalan

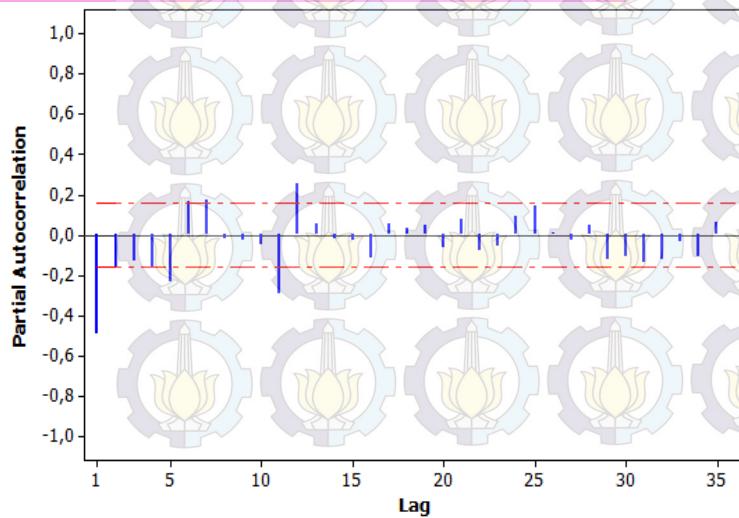




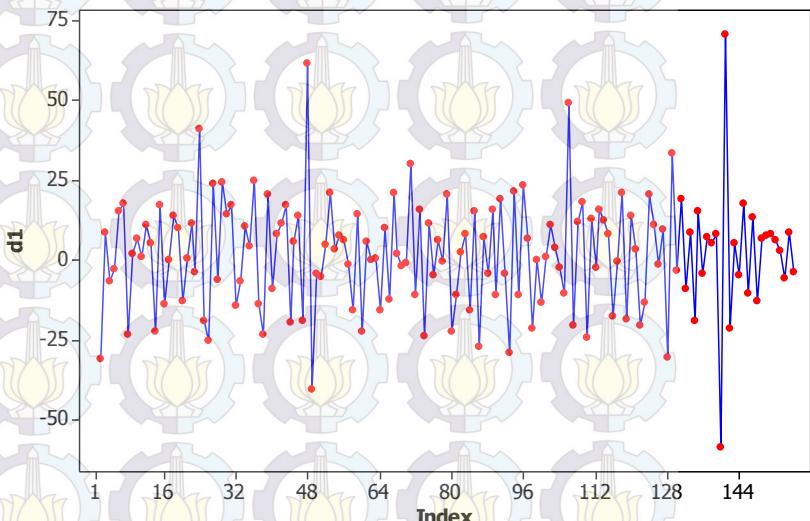
Pemodelan & Peramalan



Plot PACF Hasil Differencing



Plot Time Series Hasil Differencing





Pemodelan & Peramalan



- ▶ Estimasi dan Pengujian Parameter Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Balikpapan

Model Dugaan	Par.	Estimasi	Standar Error	t-value	P-value
ARIMA $(0,1,1)(1,0,0)^{12}$	θ_1	0,49235	0,07030	7,00	<0,0001
	Φ_1	0,45099	0,07345	6,14	<0,0001
ARIMA $(1,1,1)(1,0,0)^{12}$	θ_1	0,30911	0,11992	2,58	0,0109
	φ_1	-0,23644	0,10832	-2,18	0,0306
	Φ_1	0,45213	0,07075	6,39	<0,0001



Pemodelan & Peramalan



- Deteksi *outlier* pada data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Balikpapan

outlier pada model ARIMA $(0,1,1)(1,0,0)^{12}$

Observasi	Jenis Outlier	Waktu Terjadi
140	Additive	Agustus 2011
48	Additive	Desember 2003

Hasil Estimasi dan Pengujian Parameter Model ARIMA
 $(0,1,1)(1,0,0)^{12}$

Parameter	Estimasi	Standar Error	t-value	P-value
θ_1	0,37868	0,07580	5,00	<0,0001
Φ_1	0,50218	0,07352	6,83	<0,0001
ω_{140}^0	-48,45349	9,10148	-5,32	<0,0001
ω_{48}^0	44,69503	9,12422	4,90	<0,0001



Pemodelan & Peramalan



- ▶ Deteksi *outlier* pada data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Balikpapan
- ▶ iii. *Diagnostic Checking*

Hasil Pengujian Asumsi *White Noise*

Model Dugaan	Lag	χ^2	df	P-value
ARIMA $(0,1,1)(1,0,0)^{12}$	6	8,76	4	0,0674
	12	10,74	10	0,3779
	18	20,74	16	0,1885
	24	29,62	22	0,1279
	30	32,80	28	0,2434
ARIMA $(1,1,1)(1,0,0)^{12}$	6	6,75	3	0,0804
	12	8,80	9	0,4555
	18	17,63	15	0,2824
	24	27,13	21	0,1667
	30	30,84	27	0,2778

Hasil Pengujian Kenormalan

Model Dugaan	D hitung	P-value
ARIMA $(0,1,1)(1,0,0)^{12}$	0,073819	0,0382
ARIMA $(1,1,1)(1,0,0)^{12}$	0,065754	0,0977





Pemodelan & Peramalan



Deteksi *outlier* pada data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Balikpapan

Hasil Pengujian Asumsi White Noise Model ARIMA
 $(0,1,1)(1,0,0)^{12}$

Lag		df	P-value
6	5,63	4	0,2287
12	10,19	10	0,4244
18	20,99	16	0,1788
24	26,17	22	0,2444
30	29,80	28	0,3730

Hasil Pengujian Kenormalan Model ARIMA
 $(0,1,1)(1,0,0)^{12}$

D hitung
0,044388

P-value
>0,15



Pemodelan & Peramalan



- v. Pemilihan Model Terbaik data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan Surabaya-Balikpapan

Model	RMSE
ARIMA (0,1,1)(1,0,0) ¹²	23.810,7
ARIMA (1,1,1)(1,0,0) ¹²	21.659

Model ARIMA yang terbaik adalah model ARIMA (1,1,1)(1,0,0)¹²

$$Z_t^* = 1,23644 Z_{t-1} - 0,45213 Z_{t-12} + 0,34523 Z_{t-13} - 0,30911 a_{t-1} + a_t$$





Pemodelan & Peramalan



Hasil Ramalan Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Surabaya-Balikpapan

Bulan	Ramalan
Januari	156.117
Februari	146.922
Maret	155.640
April	148.748
Mei	155.400
Juni	156.354
Juli	138.358
Agustus	162.109
September	141.226
Oktober	154.410
Nopember	79.537
Desember	151.586





Pemodelan & Peramalan



- Hasil Pemilihan Model Terbaik Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Domestik dengan Metode *Winter's* dan ARIMA *Box-Jenkins*

No	Rute	Model	RMSE	
			In-sample	Out-sample
1	Surabaya-Jakarta	Winter's $(\alpha = 0,2; \gamma = 0,8; \delta = 0,1)$	34.281,41	325.535,56
		ARIMA $(0,1,1)(1,0,0)^D$	41.360,58	26.753,81
2	Surabaya-Denpasar	Winter's $(\alpha = 0,4; \gamma = 0,1; \delta = 0,1)$	5.563,43	17.793,51
		ARIMA $(0,1,1)(1,0,1)^D$	5.735,607	20.862,11
3	Surabaya-Semarang	Winter's $(\alpha = 0,8; \gamma = 0,1; \delta = 0,1)$	1.335,38	3.211,68
		ARIMA $(0,1,0)(1,0,0)^D$	1.107,913	7.581,94
4	Surabaya-Ujung Pandang	Winter's $(\alpha = 0,5; \gamma = 0,1; \delta = 0,1)$	6.695,74	16.071,09
		ARIMA $(0,1,1)(1,0,0)^D$	6.662,24	8.192,89
5	Surabaya-Jogjakarta	Winter's $(\alpha = 0,4; \gamma = 0,7; \delta = 0,1)$	2.630,37	34.296,85
		ARIMA $(1,1,0)$	1.762,40	2.312,27
6	Surabaya-Balikpapan	Winter's $(\alpha = 0,3; \gamma = 0,1; \delta = 0,2)$	8.521,70	25.987,58
		ARIMA $(1,1,1)(1,0,0)^D$	7.727,82	21.659



Pemodelan & Peramalan



- Hasil Ramalan Data Keberangkatan Jumlah Penumpang Pesawat Berdasarkan Rute Penerbangan Domestik dari Model Terbaik

t=bulan (2014)	Rute Penerbangan					
	SBY-JKT	SBY-DPS	SBY-SRG	SBY-UPG	SBY-JOG	SBY-BPN
1	481.711	102.744	25.469	129.930	23.149	156.117
2	462.037	87.338	22.649	125.645	23.202	146.922
3	509.711	88.565	25.113	135.464	23.191	155.640
4	504.387	86.441	25.737	127.383	23.193	148.748
5	520.997	91.531	27.246	132.499	23.193	155.400
6	543.780	102.895	29.128	140.968	23.193	156.354
7	490.657	109.670	31.405	134.543	23.193	138.358
8	528.184	99.879	28.821	140.410	23.193	162.109
9	510.426	94.433	29.697	130.909	23.193	141.226
10	529.559	95.871	32.406	135.657	23.193	154.410
11	507.017	99.306	30.745	129.934	23.193	79.537
12	526.707	115.654	33.049	132.704	23.193	151.586
Total	6.115.173	1.174.327	341.465	1.596.046	278.279	1.746.407



KESIMPULAN



5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil analisis statistika deskriptif plot data keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan domestik mengalami pola tren naik dan pola *seasonal* atau musiman. Rute penerbangan Surabaya-Jakarta merupakan rute dengan nilai rata-rata jumlah penumpang pesawat tertinggi sebesar 287.554 penumpang, sedangkan rute penerbangan Surabaya-Semarang merupakan rute dengan nilai rata-rata terendah sebesar 11.090 penumpang.
2. Berdasarkan hasil pemodelan menggunakan metode *Winter's* dan ARIMA *Box-Jenkins* didapatkan model terbaik untuk keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan :
 - a. Surabaya-Jakarta adalah dengan metode ARIMA $(0,1,1)(1,0,0)^{12}$
 - b. Surabaya-Denpasar adalah dengan metode *Winter's* ($\alpha = 0,4; \gamma = 0,1; \delta = 0,1$)
 - c. Surabaya-Semarang adalah dengan metode *Winter's* ($\alpha = 0,8; \gamma = 0,1; \delta = 0,1$)
 - d. Surabaya-Ujung Pandang adalah dengan metode ARIMA $(0,1,1)(1,0,0)^{12}$
 - e. Surabaya-Jogjakarta adalah dengan metode ARIMA $(1,1,0)$
 - f. Surabaya-Balikpapan adalah dengan metode ARIMA $(1,1,1)(1,0,0)^{12}$



SARAN



► Saran

Saran untuk perusahaan Angkasa Pura I adalah melakukan penjadwalan untuk keberangkatan jumlah penumpang pesawat berdasarkan rute penerbangan domestik dan membuat penjadwalan secara baik dalam mengantisipasi apabila terjadi lonjakan penumpang dan terjadinya *delay*. Hal tersebut dapat dilihat melalui hasil permalan dari model terbaik yang telah didapatkan.



TERIMA
KASIH

HISAK