

**PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG PADA PT. ANGKASA PURA I
(PERSERO) KANTOR CABANG BANDAR UDARA INTERNASIONAL
ADISUTJIPTO YOGYAKARTA DENGAN METODE *WINTER'S
EXPONENTIAL SMOOTHING* DAN *SEASONAL ARIMA***

SKRIPSI

Diajukan Kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta untuk memenuhi
sebagian persyaratan guna memperoleh
gelar Sarjana Sains

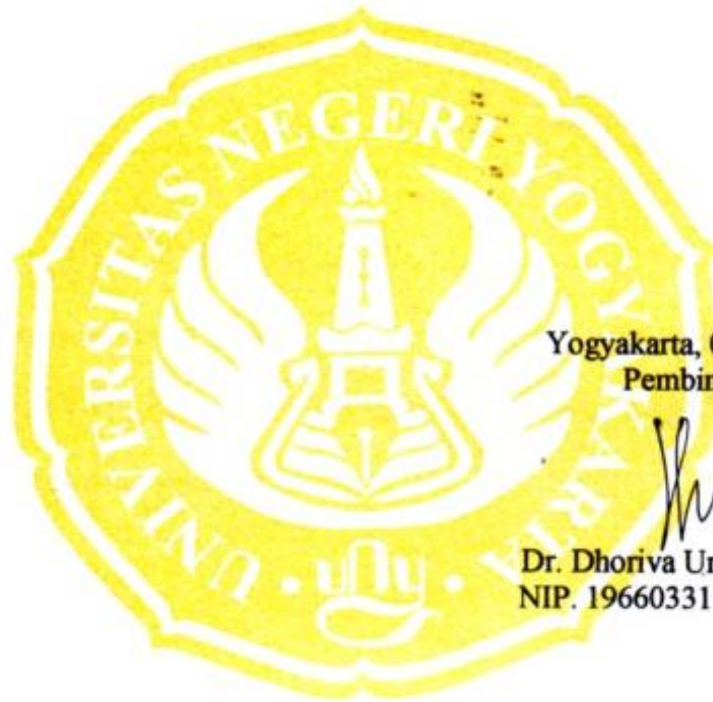


Oleh:
Astin Nurhayati Munawaroh
06305144022

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2010**

PERSETUJUAN

Skripsi yang berjudul "**Peramalan Jumlah Penumpang pada PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta dengan Metode *Winter's Exponential Smoothing* dan *Seasonal ARIMA***" ini telah disetujui pembimbing untuk diujikan.



Yogyakarta, 07 Mei 2010
Pembimbing,

Dr. Dhoriva Urwatul Wutsqa
NIP. 19660331 199303 2 001

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Astin Nurhayati Munawaroh
NIM : 06305144022
Jurusan/Program Studi : Pendidikan Matematika/Matematika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul : Peramalan Jumlah Penumpang pada PT. Angkasa Pura I
(Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional
Adisutjipto Yogyakarta dengan Metode *Winter's
Exponential Smoothing* dan *Seasonal ARIMA*

Dengan ini, saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Yogyakarta, 07 Mei 2010
Yang menyatakan,

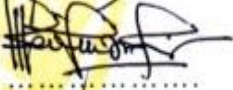
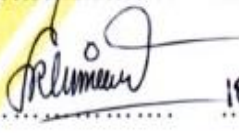
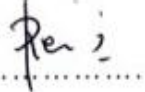


Astin Nurhayati Munawaroh

PENGESAHAN

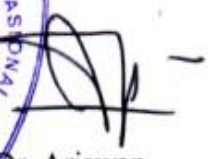
Skripsi yang berjudul "**Peramalan Jumlah Penumpang pada PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta dengan Metode *Winter's Exponential Smoothing* dan *Seasonal ARIMA***" ini telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 04 Juni 2010 dan dinyatakan lulus.

DEWAN PENGUJI

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Dr. Dhoriva Urwatul Wutsqa NIP. 19660331 199303 2 001	Ketua Penguji		18/6/2010
Kismiantini, M.Si NIP. 19790816 200112 2 001	Sekretaris Penguji		18/6/2010
Elly Arliani, M.Si NIP. 19670816 199203 2 001	Penguji Utama		18/6/2010
Retno Subekti, M.Sc NIP. 19811116 200501 2 002	Penguji Pendamping		11/6/2010

Yogyakarta, 23 Juni 2010
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
Dekan,




Dr. Ariswan
NIP. 19590914 198803 1 003

MOTTO

Berdoalah kamu kepada Rabb-mu dengan berendah diri dan suara yang lembut. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang melampaui batas.
(QS. Al-Mu'min: 60)

Katakanlah: "Ya Allah, berilah aku hidayah dan lancarkan perkaraku."
(HR. Muslim)

Janganlah kamu bersikap lemah dan janganlah (pula) kamu bersedih hati.
(QS. Ali 'Imran: 139)

Karena sesungguhnya setelah kesulitan itu ada kemudahan.
(QS. Al-Insyirah: 5)

Cukuplah Allah menjadi Penolong kami dan Allah adalah sebaik-baiknya Pelindung.
(QS. Ali 'Imran: 173)

Do what you love and love what you do.

PERSEMBAHAN

Karya kecil ini kupersembahkan untuk :

Bapak, Ibu, dan adik-adikku tercinta atas doa, perhatian, dan kasih sayang yang berlimpah.

Budhe Lah, Budhe Dapti, Bulek Hayak, Bulek Endang, dan seluruh keluarga besarku yang telah memberikan banyak sekali support.

Pakdhe Jum, Budhe Sari, Mbak Lani, Lilis, & si kecil Farrel makasih buat keceriaan, kebersamaan, doa, dan motivasinya. You are my second family.

Sahabat-sahabat baikku (Mbak Indra dan Arli) makasih buat doa, dukungan, dan kebersamaannya.

Temen-temen Cah_Ndablez (Mat NR'06) atas kebersamaannya.

**PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG PADA PT. ANGKASA PURA I
(PERSERO) KANTOR CABANG BANDAR UDARA INTERNASIONAL
ADISUTJIPTO YOGYAKARTA DENGAN METODE *WINTER'S
EXPONENTIAL SMOOTHING* DAN *SEASONAL ARIMA***

Oleh:

**Astin Nurhayati Munawaroh
06305144022**

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui model peramalan jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik pada PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta dengan metode *Winter's Exponential Smoothing* dan *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)* serta mengetahui perbandingan hasil peramalan dengan kedua metode tersebut.

Metode *Winter's Exponential Smoothing* digunakan untuk mengatasi pola musiman pada data. Metode ini dibagi menjadi dua model, yaitu model aditif dan multiplikatif. Perhitungan dengan model aditif dilakukan jika plot data asli menunjukkan fluktuasi musim yang relatif stabil, sedangkan model multiplikatif digunakan jika plot data asli menunjukkan fluktuasi musim yang bervariasi. Sedangkan metode *Seasonal ARIMA* merupakan metode *ARIMA* yang digunakan untuk menyelesaikan *time series* musiman. Data jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik tahun 2001–2009 merupakan data yang mengandung pola musiman dengan fluktuasi musim yang bervariasi sehingga metode *Winter's Exponential Smoothing* model multiplikatif dan *Seasonal ARIMA* dapat digunakan.

Peramalan dengan metode *Winter's Exponential Smoothing* model multiplikatif menghasilkan $\alpha = 0,4$, $\beta = 0,2$, $\gamma = 0,2$, model peramalan $\hat{Y}_{t+p} = (L_t + pT_t) + S_{t-12+p}$ dengan nilai *Mean Squared Deviation (MSD)* 82222422 untuk jumlah kedatangan penumpang domestik dan $\alpha = 0,4$, $\beta = 0,2$, $\gamma = 0,4$, model peramalan $\hat{Y}_{t+p} = (L_t + pT_t) + S_{t-12+p}$ dengan nilai *MSD* 103302768 untuk jumlah keberangkatan penumpang domestik. Peramalan dengan metode *Seasonal ARIMA* menghasilkan model peramalan *ARIMA*(1,1,0)(2,1,0)₁₂ dengan nilai *MSD* 0,010075 untuk jumlah kedatangan penumpang domestik dan *ARIMA*(1,1,0)(1,1,0)₁₂ dengan nilai *MSD* 0,01401 untuk jumlah keberangkatan penumpang domestik. Peramalan jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik lebih tepat menggunakan metode *Seasonal ARIMA* karena masing-masing menghasilkan nilai *MSD* yang lebih kecil daripada nilai *MSD* yang dihasilkan pada metode *Winter's Exponential Smoothing*. Hasil peramalan jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik pada tahun 2010 mengalami peningkatan. Peningkatan yang signifikan terjadi pada bulan Desember, yaitu mencapai 180124 penumpang untuk kedatangan penumpang domestik dan 169075 penumpang untuk keberangkatan penumpang domestik.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Skripsi dengan judul "**Peramalan Jumlah Penumpang pada PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta dengan Metode *Winter's Exponential Smoothing* dan *Seasonal ARIMA***" ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini dapat terlaksana dengan baik karena dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ariswan sebagai Dekan FMIPA UNY yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan studi.
2. Bapak Dr. Hartono sebagai Kajurdik Matematika dan Ibu Atmini Dhoruri, M.Si sebagai Kaprodi Matematika yang telah memberikan kelancaran pelayanan akademik.
3. Ibu Himmawati Puji Lestari, M.Si sebagai Penasehat Akademik yang telah memberikan arahan dan motivasi.
4. Ibu Dr. Dhoriva Urwatul Wutsqa sebagai dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan pemikiran untuk memberikan bimbingan serta pengarahan selama penyusunan skripsi ini.

5. Ibu Elly Arliani, M.Si sebagai penguji utama, ibu Retno Subekti, M.Sc sebagai penguji pendamping, dan ibu Kismiantini, M.Si sebagai sekretaris penguji yang telah memberi arahan dan masukan.
6. Seluruh dosen Jurusan Pendidikan Matematika yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat.
7. Bapak Agus Adriyanto sebagai *General Manager* dan Bapak Drs. Prasetyo sebagai *Assistant Manager* Personalia dan Umum PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Yogyakarta yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian dan banyak membantu penulis selama melakukan penelitian.
8. Karyawan dan karyawan PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Yogyakarta atas semua bantuan dan kerjasama selama penulis melakukan penelitian.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan baik materiil maupun spiritual sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Dengan kerendahan hati penulis sadar bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, saran dan kritik dari semua pihak yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini.

Yogyakarta, 11 Mei 2010
Penulis

Astin Nurhayati Munawaroh

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Pembatasan Masalah	3
C. Rumusan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	5

BAB II	KAJIAN PUSTAKA	7
A.	Peramalan (<i>Forecasting</i>)	7
B.	Analisis <i>Time Series</i>	9
C.	Stasioneritas	12
D.	Proses <i>White Noise</i>	16
E.	Uji Normalitas Residu	17
F.	Seasonalitas (Musiman)	17
G.	Metode <i>Smoothing</i>	19
H.	Metode <i>Holt's Exponential Smoothing</i>	21
I.	Metode <i>Winter's Exponential Smoothing</i>	22
J.	Metode <i>Seasonal ARIMA</i>	24
1.	Model <i>Autoregressive (AR)</i>	25
2.	Model <i>Moving Average (MA)</i>	28
3.	Model <i>Autoregressive Moving Average (ARMA)</i>	31
4.	Model <i>Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)</i> ..	35
5.	Model <i>Seasonal ARIMA</i>	37
K.	Ketepatan Metode Peramalan	40
BAB III	PEMBAHASAN	42
A.	Metode <i>Winter's Exponential Smoothing</i>	45
1.	Jumlah Kedatangan Penumpang Domestik	45
2.	Jumlah Keberangkatan Penumpang Domestik	48
B.	Metode <i>Seasonal ARIMA</i>	50

1. Jumlah Kedatangan Penumpang Domestik	50
2. Jumlah Keberangkatan Penumpang Domestik	55
C. Perbandingan Hasil Peramalan dengan Menggunakan Metode <i>Winter's Exponential Smoothing</i> dan <i>Seasonal ARIMA</i>	60
BAB IV PENUTUP	62
A. Kesimpulan	62
B. Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN	68

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 1. Pola <i>ACF</i> dan <i>PACF</i> Tidak musiman	39
Tabel 2. Pola <i>ACF</i> dan <i>PACF</i> Musiman dengan s Periode Per Musim	39
Tabel 3. Hasil Peramalan Jumlah Kedatangan Penumpang Domestik dengan Metode <i>Winter's Exponential Smoothing</i> Tahun 2010	47
Tabel 4. Hasil Peramalan Jumlah Keberangkatan Penumpang Domestik dengan Metode <i>Winter's Exponential Smoothing</i> Tahun 2010	50
Tabel 5. Kemungkinan Model Peramalan Jumlah Kedatangan Jumlah Penumpang Domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto	52
Tabel 6. Hasil Peramalan Jumlah Kedatangan Penumpang Domestik dengan Metode <i>Seasonal ARIMA</i> Tahun 2010	55
Tabel 7. Kemungkinan Model Peramalan Jumlah Keberangkatan Jumlah Penumpang Domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto	57
Tabel 8. Hasil Peramalan Jumlah Keberangkatan Penumpang Domestik dengan Metode <i>Seasonal ARIMA</i> Tahun 2010	60
Tabel 9. Nilai <i>Mean Squared Deviation (MSD)</i>	61

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 1. Contoh plot data stasioner dalam rata–rata dan varians.....	13
Gambar 2. Contoh plot data nonstasioner dalam rata–rata	13
Gambar 3. Contoh plot data stasioner dalam varians	14
Gambar 4. Contoh grafik <i>normal probability plot</i> untuk residu berdistribusi normal	17
Gambar 5. Contoh grafik fungsi autokorelasi untuk data yang dipengaruhi pola <i>trend</i>	18
Gambar 6. Contoh grafik fungsi autokorelasi untuk data yang dipengaruhi pola musiman bulanan	18
Gambar 7. Contoh plot data asli model aditif	23
Gambar 8. Contoh plot data asli model multiplikatif	23
Gambar 9. Pola <i>ACF</i> dan <i>PACF</i> model <i>AR</i> (1)	27
Gambar 10. Pola <i>ACF</i> dan <i>PACF</i> model <i>MA</i> (1)	31
Gambar 11. Pola <i>ACF</i> dan <i>PACF</i> model <i>ARMA</i> (1,1)	34
Gambar 12. <i>Time series plot</i> jumlah kedatangan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto	42
Gambar 13. <i>Time series plot</i> jumlah keberangkatan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto	43
Gambar 14. Grafik <i>ACF</i> jumlah kedatangan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto	43

Gambar 15. Grafik <i>PACF</i> jumlah kedatangan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto	44
Gambar 16. Grafik <i>ACF</i> jumlah keberangkatan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto	44
Gambar 17. Grafik <i>PACF</i> jumlah keberangkatan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto	45
Gambar 18. Grafik peramalan jumlah kedatangan penumpang domestik dengan metode <i>Winter's Exponential Smoothing</i>	46
Gambar 19. Grafik <i>ACF</i> residu jumlah kedatangan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto	46
Gambar 20. Grafik peramalan jumlah keberangkatan penumpang domestik dengan metode <i>Winter's Exponential Smoothing</i>	48
Gambar 21. Grafik <i>ACF</i> residu jumlah keberangkatan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto	49
Gambar 22. Plot data jumlah kedatangan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto setelah dilogaritmakan dan dilakukan <i>differencing</i> pertama tidak musiman dan musiman ...	51
Gambar 23. Grafik <i>ACF</i> jumlah kedatangan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto setelah dilogaritmakan dan dilakukan <i>differencing</i> pertama tidak musiman dan musiman	51
Gambar 24. Grafik <i>PACF</i> jumlah kedatangan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto setelah dilogaritmakan	

dan dilakukan <i>differencing</i> pertama tidak musiman dan musiman	52
Gambar 25. Hasil analisis data jumlah kedatangan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto dengan metode <i>Seasonal ARIMA</i>	53
Gambar 26. Grafik <i>ACF</i> residu jumlah kedatangan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto yang telah dilogaritmakan	54
Gambar 27. Grafik <i>Normal Probability Plot</i> residu data jumlah kedatangan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto yang telah dilogaritmakan	54
Gambar 28. Plot data jumlah keberangkatan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto setelah dilogaritmakan dan dilakukan <i>differencing</i> pertama tidak musiman dan musiman	56
Gambar 29. Grafik <i>ACF</i> jumlah keberangkatan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto setelah dilogaritmakan dan dilakukan <i>differencing</i> pertama tidak musiman dan musiman	56
Gambar 30. Grafik <i>PACF</i> jumlah keberangkatan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto setelah dilogaritmakan dan dilakukan <i>differencing</i> pertama tidak musiman dan musiman	57

Gambar 31. Hasil analisis data jumlah keberangkatan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto dengan metode <i>Seasonal ARIMA</i>	58
Gambar 32. Grafik <i>ACF</i> residu jumlah keberangkatan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto yang telah dilogaritmakan.....	59
Gambar 33. Grafik <i>Normal Probability Plot</i> residu data jumlah keberangkatan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto yang telah dilogaritmakan	59

DAFTAR LAMPIRAN

	Hal
Lampiran 1 Surat Ijin Penelitian	69
Lampiran 2 Surat Balasan dari PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta.....	70
Lampiran 3 Jumlah Kedatangan Penumpang Domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta Tahun 2001–2009	71
Lampiran 4 Jumlah Keberangkatan Penumpang Domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta Tahun 2001–2009	72
Lampiran 5 Hasil Pemulusan Data Jumlah Kedatangan Penumpang Domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta	73
Lampiran 6 Hasil Pemulusan Data Jumlah Keberangkatan Penumpang Domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta	76
Lampiran 7 Output Residu Data Jumlah Kedatangan Penumpang Domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta dengan model ARIMA(0,1,1)(0,0,1) ₁₂	79
Lampiran 8 Output Residu Data Jumlah Keberangkatan Penumpang Domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta dengan model ARIMA(0,1,1)(0,0,1) ₁₂	82

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pada era globalisasi, perkembangan zaman maju dengan pesat, salah satunya dalam bidang transportasi. Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, maka kebutuhan akan alat transportasi juga meningkat karena alat transportasi merupakan sarana penting bagi penduduk untuk melakukan aktivitasnya. Salah satu alat transportasi udara, yaitu pesawat terbang merupakan salah satu sarana yang dapat digunakan penduduk untuk menunjang aktivitasnya, baik dalam hal bisnis maupun pariwisata.

PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta merupakan perusahaan penyedia jasa transportasi udara di Yogyakarta. Sejak statusnya ditingkatkan menjadi bandar udara internasional pada tahun 2004, jumlah penumpang pesawat terbang di Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta mengalami peningkatan. Oleh karena itu, peramalan tentang jumlah penumpang menjadi hal yang penting bagi perusahaan karena dengan mengetahui prediksi jumlah penumpang di masa yang akan datang perusahaan dapat mempersiapkan fasilitas-fasilitas untuk mengantisipasi kenaikan jumlah penumpang, seperti menyiapkan penerbangan ekstra, ruang tunggu yang lebih nyaman, dan tempat parkir yang lebih luas.

Data jumlah penumpang merupakan data runtun waktu (*time series*) yang dikumpulkan setiap tahun untuk mengetahui peningkatan jumlah penumpang di Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta. Sebagaimana diketahui, data *time series* adalah data yang dikumpulkan, dicatat, atau diamati berdasarkan urutan waktu. Data *time series* tersebut dapat digunakan untuk membuat peramalan dan nantinya hasil peramalan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan kebijakan perusahaan.

Untuk menentukan metode peramalan pada data *time series* perlu diketahui pola dari data tersebut sehingga peramalan dengan metode yang sesuai dengan pola data dapat dilakukan. Pola data dapat dibedakan menjadi empat jenis, yaitu pola musiman, siklis, *trend*, dan *irregular* (Hanke dan Wichern, 2005: 158). Pola musiman merupakan fluktuasi dari data yang terjadi secara periodik dalam kurun waktu satu tahun, seperti triwulan, kuartalan, bulanan, mingguan, atau harian. Pola siklis merupakan fluktuasi dari data untuk waktu yang lebih dari satu tahun. Pola ini sulit dideteksi dan tidak dapat dipisahkan dari pola *trend*. Pola *trend* merupakan kecenderungan arah data dalam jangka panjang, dapat berupa kenaikan maupun penurunan. Sedangkan pola *irregular* merupakan kejadian yang tidak terduga dan bersifat acak, tetapi kemunculannya dapat mempengaruhi fluktuasi data *time series* (Santoso, 2009: 9-10).

Dalam rangka meramalkan jumlah penumpang di Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta, akan dibandingkan dua metode peramalan, yaitu *Winter's Exponential Smoothing* dan *Seasonal Autoregressive Integrated*

Moving Average (ARIMA). Metode *Winter's Exponential Smoothing* digunakan ketika data menunjukkan pola *trend* dan musiman. Metode ini serupa dengan metode *Holt's Exponential Smoothing* dengan satu persamaan tambahan untuk mengatasi pola musiman (Makridakis, 1999: 97). Sedangkan metode *Seasonal ARIMA* digunakan apabila data menunjukkan pola musiman. Berdasarkan data yang diperoleh, jumlah penumpang pesawat terbang di Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta menunjukkan pola musiman sehingga metode *Winter's Exponential Smoothing* dan *Seasonal ARIMA* dapat digunakan untuk meramalkan jumlah penumpang di masa yang akan datang. Seperti diketahui bahwa tidak ada metode peramalan yang dapat dengan tepat meramalkan keadaan data di masa yang akan datang. Oleh karena itu, setiap metode peramalan pasti menghasilkan kesalahan. Jika tingkat kesalahan yang dihasilkan semakin kecil, maka hasil peramalan akan semakin mendekati tepat. Alat ukur yang digunakan untuk menghitung kesalahan prediksi, antara lain *Mean Squared Deviation (MSD)*, *Mean Absolute Deviation (MAD)*, dan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*.

B. Pembatasan Masalah

Dalam penulisan ini penulis hanya membatasi pada penerapan metode *Winter's Exponential Smoothing* dan *Seasonal ARIMA*, serta perbandingan keduanya untuk peramalan jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik pada PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara

Internasional Adisutjipto Yogyakarta dengan *Mean Squared Deviation (MSD)* sebagai pembandingnya.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana model peramalan jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik pada PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta dengan metode *Winter's Exponential Smoothing*?
2. Bagaimana model peramalan jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik pada PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta dengan metode *Seasonal ARIMA*?
3. Bagaimana perbandingan hasil peramalan jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik di PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta dengan menggunakan metode *Winter's Exponential Smoothing* dan *Seasonal ARIMA* berdasarkan nilai *MSD*?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan dan penelitian ini, antara lain:

1. Mengetahui model peramalan jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik pada PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta dengan metode *Winter's Exponential Smoothing*.
2. Mengetahui model peramalan jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik pada PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta dengan metode *Seasonal ARIMA*.
3. Mengetahui perbandingan hasil peramalan jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik di PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta dengan menggunakan metode *Winter's Exponential Smoothing* dan *Seasonal ARIMA* berdasarkan nilai *MSD*.

E. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, antara lain:

1. Dapat membantu PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta dalam meramalkan jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik untuk periode ke depan.
2. Dengan mengetahui nilai peramalan jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik, dapat diperhitungkan besarnya pendapatan PT.

Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta untuk periode ke depan.

3. Dapat membantu PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta dalam pengambilan kebijakan untuk mengatasi peningkatan jumlah penumpang.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

BAB ini berisi penjelasan tentang pengertian peramalan (*forecasting*), analisis *time series*, stasioneritas, proses *white noise*, uji normalitas residu, seasonalitas (musiman), metode *smoothing*, metode *Holt's Exponential Smoothing*, metode *Winter's Exponential Smoothing*, metode *Seasonal ARIMA*, dan ketepatan metode peramalan.

A. Peramalan (*Forecasting*)

Peramalan (*forecasting*) dilakukan hampir semua orang, baik itu pemerintah, pengusaha, maupun orang awam. Masalah yang diramalkan pun bervariasi, seperti perkiraan curah hujan, kemungkinan pemenang dalam pilkada, skor pertandingan, atau tingkat inflasi. Definisi dari peramalan adalah memperkirakan besarnya atau jumlah sesuatu pada waktu yang akan datang berdasarkan data pada masa lampau yang dianalisis secara alamiah khususnya menggunakan metode statistika (Sudjana, 1989: 254).

Peramalan biasanya dilakukan untuk mengurangi ketidakpastian terhadap sesuatu yang akan terjadi di masa yang akan datang. Suatu usaha untuk mengurangi ketidakpastian tersebut dilakukan dengan menggunakan metode peramalan. Menurut Makridakis (1999: 8), metode peramalan dibagi ke dalam dua kategori utama, yaitu metode kualitatif dan metode kuantitatif. Metode kualitatif dilakukan apabila data masa lalu tidak sehingga peramalan

tidak bisa dilakukan. Dalam metode kualitatif, pendapat–pendapat dari para ahli akan menjadi pertimbangan dalam pengambilan keputusan sebagai hasil dari peramalan yang telah dilakukan. Namun, apabila data masa lalu tersedia, peramalan dengan metode kuantitatif akan lebih efektif digunakan dibandingkan dengan metode kualitatif.

Menurut Santoso (2009: 37), peramalan dengan metode kuantitatif dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu *time series model* dan *causal model*. *Time series model* didasarkan pada data yang dikumpulkan, dicatat, atau diamati berdasarkan urutan waktu dan peramalannya dilakukan berdasarkan pola tertentu dari data. Ada empat pola data yang menjadi dasar peramalan dengan model ini, yaitu pola musiman, siklis, *trend*, dan *irregular*. Pola musiman merupakan fluktuasi dari data yang terjadi secara periodik dalam kurun waktu satu tahun, seperti triwulan, kuartalan, bulanan, mingguan, atau harian. Pola siklis merupakan fluktuasi dari data untuk waktu yang lebih dari satu tahun. Pola ini sulit dideteksi dan tidak dapat dipisahkan dari pola *trend*. Pola *trend* merupakan kecenderungan arah data dalam jangka panjang, dapat berupa kenaikan maupun penurunan. Sedangkan pola *irregular* merupakan kejadian yang tidak terduga dan bersifat acak, tetapi kemunculannya dapat mempengaruhi fluktuasi data *time series*. Metode peramalan yang termasuk dalam *time series model*, antara lain *moving averages*, *exponential smoothing*, dan Box–Jenkins (*ARIMA*). *Causal model* didasarkan pada hubungan sebab–akibat dan peramalan dilakukan dengan dugaan adanya hubungan antar variabel yang satu dengan yang lain. Pada model ini dikembangkan mana

variabel *dependent* dan mana variabel *independent*, kemudian dilanjutkan dengan membuat sebuah model dan peramalan dilakukan berdasarkan model tersebut.

Tahapan atau langkah–langkah untuk melakukan peramalan, antara lain:

1. Menentukan masalah yang akan dianalisis (perumusan masalah) dan mengumpulkan data yang dibutuhkan dalam proses analisis tersebut.
2. Menyiapkan data sehingga data dapat diproses dengan benar.
3. Menetapkan metode peramalan yang sesuai dengan data yang telah disiapkan.
4. Menerapkan metode yang sudah ditetapkan dan melakukan prediksi pada data untuk beberapa waktu depan.
5. Mengevaluasi hasil peramalan.

B. Analisis *Time Series*

Analisis *time series* dikenalkan oleh George E. P. Box dan Gwilym M. Jenkins pada tahun 1970 melalui bukunya yang berjudul *Time Series Analysis: Forecasting and Control* (Iriawan dan Astuti, 2006: 341). Analisis *time series* merupakan metode peramalan kuantitatif untuk menentukan pola data pada masa lampau yang dikumpulkan berdasarkan urutan waktu, yang disebut data *time series*.

Beberapa konsep yang berkaitan dengan analisis *time series* adalah *Autocorrelation Function (ACF)* atau fungsi autokorelasi dan *Partial*

Autocorrelation Function (PACF) atau fungsi autokorelasi parsial. Autokorelasi merupakan korelasi atau hubungan antar data pengamatan suatu data *time series*. Menurut Makridakis (1999: 338), koefisien autokorelasi untuk *lag-k* dari data runtun waktu dinyatakan sebagai berikut:

$$r_k = \rho_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Z_t - \bar{Z}_t)(Z_{t+k} - \bar{Z}_t)}{\sum_{t=1}^n (Z_t - \bar{Z}_t)^2} \quad (2.1)$$

dengan r_k = koefisien autokorelasi
 Z_t = nilai variabel Z pada waktu t
 Z_{t+k} = nilai variabel Z pada waktu $t + k$
 $\bar{Z}_t$ = nilai rata-rata variabel Z_t .

Menurut Mulyana (2004: 8), karena r_k merupakan fungsi atas k , maka hubungan koefisien autokorelasi dengan *lag*nya disebut dengan fungsi autokorelasi dan dinotasikan dengan ρ_k .

Untuk mengetahui apakah koefisien autokorelasi signifikan atau tidak, perlu dilakukan uji. Pengujian dapat dilakukan menggunakan statistik uji

$$t = \frac{r_k}{SE_{r_k}} \quad \text{dengan} \quad SE_{r_k} = \frac{1}{\sqrt{n}} \quad \text{dengan hipotesis} \quad H_0 : \rho_k = 0 \quad (\text{koefisien}$$

autokorelasi yang diperoleh tidak signifikan) dan $H_1 : \rho_k \neq 0$ (koefisien autokorelasi yang diperoleh signifikan). Kriteria keputusan H_0 ditolak jika

$$t_{hit} > t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}.$$

Selain menggunakan uji tersebut, untuk mengetahui apakah

koefisien autokorelasi yang diperoleh signifikan atau tidak dapat dilihat pada *output* MINITAB, yaitu grafik *ACF*. Jika pada grafik *ACF* tidak ada *lag* (bar)

yang melebihi garis batas signifikansi (garis putus-putus), maka koefisien autokorelasi yang diperoleh signifikan atau tidak terjadi korelasi antar *lag*.

Autokorelasi parsial merupakan korelasi antara Z_t dan Z_{t+k} dengan mengabaikan ketidakbebasan $Z_{t+1}, Z_{t+2}, \dots, Z_{t+k-1}$. Menurut Wei (2006: 11), autokorelasi parsial Z_t dan Z_{t+k} dapat diturunkan dari model regresi linear, dengan variabel *dependent* Z_{t+k} dan variabel *independent* $Z_{t+k-1}, Z_{t+k-2}, \dots$, dan Z_t , yaitu

$$Z_{t+k} = \phi_{k1} Z_{t+k-1} + \phi_{k2} Z_{t+k-2} + \cdots + \phi_{kk} Z_t + a_{t+k} \quad (2.2)$$

dengan ϕ_{ki} merupakan parameter regresi ke- i untuk $i=1,2,\dots,k$ dan a_{t+k} merupakan residu dengan rata-rata nol dan tidak berkorelasi dengan Z_{t+k-j} untuk $j=1,2,\dots,k$. Dengan mengalikan Z_{t+k-j} pada kedua ruas persamaan (2.2) dan menghitung nilai harapannya (*expected value*), diperoleh

$$E(Z_{t+k-j}Z_{t+k}) = \phi_{k1}E(Z_{t+k-j}Z_{t+k}) + \phi_{k2}E(Z_{t+k-j}Z_{t+k-1}) + \dots + \phi_{kk}E(Z_{t+k-j}Z_{t+k-2}) + E(Z_{t+k-j}e_{t+k})$$

$$\gamma_j = \phi_{k1}\gamma_{j-1} + \phi_{k2}\gamma_{j-2} + \dots + \phi_{kk}\gamma_{j-k} \quad (2.3)$$

dan

$$\rho_i = \phi_{k1}\rho_{i-1} + \phi_{k2}\rho_{i-2} + \cdots + \phi_{kk}\rho_{i-k}. \quad (2.4)$$

Untuk $j = 1, 2, \dots, k$, diperoleh sistem persamaan berikut

[illegible]

Dengan menggunakan aturan Cramer, berturut-turut untuk $k = 1, 2, \dots$, diperoleh

$$\begin{aligned}
 \phi_{11} &= \rho_1 \\
 \phi_{22} &= \frac{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 \\ \rho_1 & \rho_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 \\ \rho_1 & 1 \end{vmatrix}} \\
 \phi_{33} &= \frac{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 & \rho_2 \\ \rho_1 & 1 & \rho_2 \\ \rho_2 & \rho_1 & \rho_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 & \rho_2 \\ \rho_1 & 1 & \rho_1 \\ \rho_2 & \rho_1 & 1 \end{vmatrix}} \\
 &\vdots \\
 \phi_{kk} &= \frac{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 & \rho_2 & \cdots & \rho_{k-2} & \rho_1 \\ \rho_1 & 1 & \rho_1 & \cdots & \rho_{k-3} & \rho_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ \rho_{k-1} & \rho_{k-2} & \rho_{k-3} & \cdots & \rho_1 & \rho_k \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 & \rho_2 & \cdots & \rho_{k-2} & \rho_{k-1} \\ \rho_1 & 1 & \rho_1 & \cdots & \rho_{k-3} & \rho_{k-2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ \rho_{k-1} & \rho_{k-2} & \rho_{k-3} & \cdots & \rho_1 & 1 \end{vmatrix}} \quad (2.6)
 \end{aligned}$$

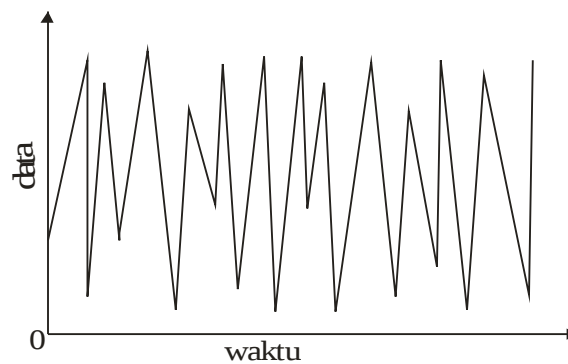
Karena ϕ_{kk} merupakan fungsi atas k , maka ϕ_{kk} disebut fungsi autokorelasi parsial.

C. Stasioneritas

Stasioneritas berarti bahwa tidak terdapat perubahan yang drastis pada data. Fluktuasi data berada di sekitar suatu nilai rata-rata yang konstan, tidak

tergantung pada waktu dan varians dari fluktuasi tersebut (Makridakis, 1999: 351). Bentuk visual dari plot data *time series* sering kali cukup meyakinkan para *forecaster* bahwa data tersebut stasioner atau nonstasioner.

Data *time series* dikatakan stasioner dalam rata-rata jika rata-ratanya tetap (tidak terdapat pola *trend*). Gambar 1 merupakan contoh plot data *time series* yang stasioner dalam rata-rata dan varians. Gambar 2 menunjukkan plot data *time series* yang nonstasioner dalam rata-rata.

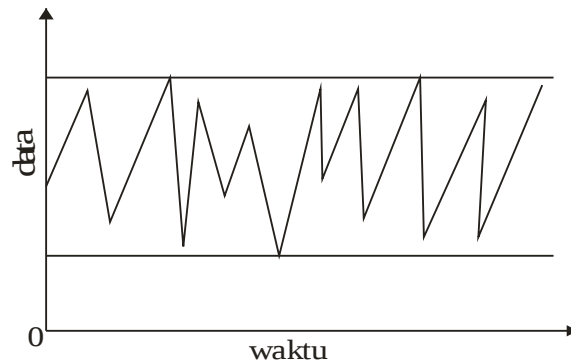


Gambar 1. Contoh plot data stasioner dalam rata-rata dan varians



Gambar 2. Contoh plot data nonstasioner dalam rata-rata

Data *time series* dikatakan stasioner dalam varians jika fluktuasi datanya tetap atau konstan (horizontal sepanjang sumbu waktu), seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Contoh plot data stasioner dalam varians

Untuk menstasionerkan data nonstasioner dalam rata-rata dapat dilakukan proses *differencing* (pembedaan). Operator shift mundur (*backward shift*) sangat tepat untuk menggambarkan proses *differencing* (Makridakis, 1999: 383). Penggunaan *backward shift* adalah sebagai berikut

$$BZ_t = Z_{t-1} \quad (2.7)$$

dengan Z_t = nilai variabel Z pada waktu t
 Z_{t-1} = nilai variabel Z pada waktu $t - 1$
 B = *backward shift*.

Notasi B yang dipasang pada Z mempunyai pengaruh menggeser data satu waktu belakang. Sebagai contoh, jika suatu data *time series* nonstasioner, maka data tersebut dapat dibuat mendekati stasioner dengan melakukan *differencing* orde pertama dari data.

Rumus untuk *differencing* orde pertama, yaitu

$$Z'_t = Z_t - Z_{t-1} \quad (2.8)$$

dengan Z'_t = nilai variabel Z pada waktu t setelah *differencing*.

Dengan menggunakan *backward shift*, persamaan (2.8) dapat ditulis menjadi

$$Z_t' = Z_t - BZ_t \quad (2.9)$$

atau

$$Z_t' = (1 - B) Z_t. \quad (2.10)$$

Differencing pertama pada persamaan (2.10) dinyatakan oleh $(1 - B)$.

Differencing orde kedua, yaitu *differencing* pertama dari *differencing* pertama sebelumnya. Jika *differencing* orde kedua harus dihitung, maka

$$\begin{aligned} Z_t'' &= Z_t' - Z_{t-1}' \\ &= (Z_t - Z_{t-1}) - (Z_{t-1} - Z_{t-2}) \\ &= Z_t - 2Z_{t-1} + Z_{t-2} \\ &= (1 - 2B + B^2) Z_t \\ &= (1 - B)^2 Z_t. \end{aligned} \quad (2.11)$$

Differencing orde kedua pada persamaan (2.11) dinotasikan oleh $(1 - B)^2$.

Secara umum jika terdapat *differencing* orde ke- d untuk mencapai stasioneritas, maka dapat dinotasikan dengan

$$(1 - B)^d, \quad d \geq 1. \quad (2.12)$$

Sedangkan untuk menstasionerkan data nonstasioner dalam varians dapat dilakukan transformasi. Pendekatan utama untuk memperoleh stasioneritas dalam varians adalah melalui suatu transformasi logaritma atau transformasi kemampuan data (Makridakis, 1995: 401). Jika data telah stasioner setelah dilakukan transformasi, maka tahap selanjutnya dapat dilakukan.

D. Proses *White Noise*

Suatu proses $\{a_t\}$ disebut proses *white noise* jika terdapat sebuah barisan variabel random yang tidak berkorelasi dengan rata-rata konstan $E(a_t) = \mu_0 = 0$, variansi konstan $Var(a_t) = \sigma_a^2$, dan $\gamma_k = Cov(a_t, a_{t+k}) = 0$ untuk $k \neq 0$ (Wei, 2006: 15). Sesuai dengan definisi tersebut, proses *white noise* adalah stasioner dengan fungsi autokovarians

$$\gamma_k = \begin{cases} \sigma_a^2, & k = 0, \\ 0, & k \neq 0, \end{cases} \quad (2.13)$$

fungsi autokorelasi

$$\rho_k = \begin{cases} 1, & k = 0, \\ 0, & k \neq 0, \end{cases} \quad (2.14)$$

dan fungsi autokorelasi parsial

$$\phi_k = \begin{cases} 1, & k = 0, \\ 0, & k \neq 0. \end{cases} \quad (2.15)$$

Dasar dari proses *white noise* adalah nilai fungsi autokorelasi dan fungsi autokorelasi parsial dari residu mendekati nol.

Untuk mengetahui apakah residu memenuhi proses *white noise* atau tidak, perlu dilakukan uji, salah satunya dengan Uji Ljung-Box. Pengujian

dapat dilakukan dengan statistik uji $Q = n(n+2) \sum_{k=1}^m \frac{r_k^2}{n-k}$ dengan hipotesis

$H_0 : \rho_1 = \dots = \rho_k = 0$ (residu memenuhi proses *white noise*) dan $H_1 : \exists \rho_i \neq 0$,

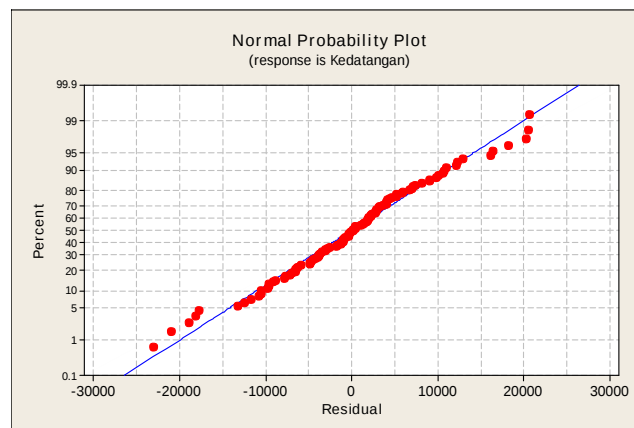
untuk $i = 1, 2, \dots, k$ (residu tidak memenuhi proses *white noise*). Kriteria

keputusan H_0 ditolak jika $Q > \chi_{\alpha, k-p-q}^2$ dengan p dan q adalah orde dari

$ARMA(p,q)$ dan k adalah *time-lag*. Residu memenuhi proses *white noise* jika residu bersifat random dan berdistribusi normal. Residu bersifat random jika pada grafik *ACF* residu tidak ada *lag* (bar) yang melebihi garis batas signifikansi (garis putus-putus).

E. Uji Normalitas Residu

Uji normalitas residu dilakukan untuk mengetahui apakah residu berdistribusi normal atau tidak. Pengujian dapat dilakukan dengan analisis grafik *normal probability plot*. Jika residu berdistribusi normal, maka residu akan berada disekitar garis diagonal, seperti pada Gambar 4. Sebaliknya, jika residu tidak berdistribusi normal, maka residu akan menyebar.

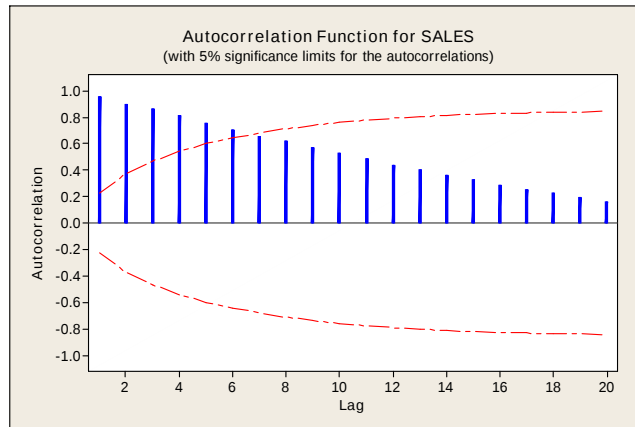


Gambar 4. Contoh grafik *normal probability plot* untuk residu berdistribusi normal

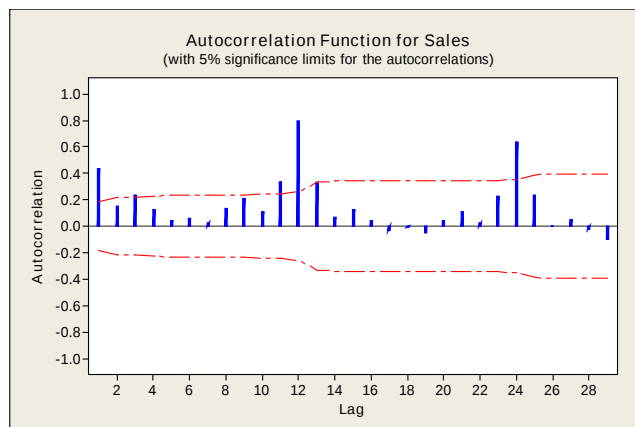
F. Seasonalitas (Musiman)

Pola musiman merupakan pola yang berulang-ulang dalam selang waktu yang tetap dan umumnya tidak lebih dari satu tahun. Apabila dalam

data hanya terdapat pola musiman, adanya faktor musim dapat dilihat dari grafik fungsi autokorelasinya atau dari perbedaan *lag* autokorelasinya. Namun, jika data tidak hanya dipengaruhi pola musiman, tetapi juga dipengaruhi pola *trend*, maka pola musiman tidak mudah untuk diidentifikasi.



Gambar 5. Contoh grafik fungsi autokorelasi untuk data yang dipengaruhi pola *trend* (Santoso, 2009: 174)



Gambar 6. Contoh grafik fungsi autokorelasi untuk data yang dipengaruhi pola musiman bulanan (Hanke dan Wichern, 2005: 415)

Apabila pola *trend* lebih kuat dibandingkan dengan pola musiman, maka autokorelasi dari data asli akan membentuk garis, seperti pada Gambar 5. Sedangkan, jika data dipengaruhi pola musiman, maka koefisien autokorelasi

pada *lag* musiman berbeda nyata dari nol (bar melebihi garis putus-putus), seperti pada Gambar 6.

G. Metode *Smoothing*

Suatu data runtun waktu yang mengandung pola *trend*, pola musiman, atau mengandung pola *trend* dan musiman sekaligus, maka metode rata-rata sederhana tidak dapat digunakan untuk menggambarkan pola data tersebut. Peramalan pada data tersebut dapat dilakukan dengan metode *smoothing*. *Smoothing* adalah mengambil rata-rata dari nilai-nilai pada beberapa tahun untuk menaksir nilai pada suatu tahun (Subagyo, 1986: 7).

Metode *smoothing* diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu metode perataan dan metode pemulusan eksponensial (*exponential smoothing*) (Makridakis, 1999: 63). Sesuai dengan pengertian konvensional tentang nilai rata-rata, metode perataan merupakan pembobotan yang sama terhadap nilai-nilai observasi. Metode-metode yang termasuk ke dalam kelompok metode perataan, antara lain:

1. Rata-rata sederhana dari semua data masa lalu.
2. Rata-rata bergerak tunggal (*single moving average*) dari n nilai observasi yang terakhir.
3. Rata-rata bergerak ganda (*double moving average*) atau rata-rata bergerak dari rata-rata bergerak, yang akhirnya menjadi rata-rata yang berbobot tidak sama dan dapat digunakan dalam metode peramalan yang disebut rata-rata bergerak linear (*linear moving average*).

4. Rata-rata bergerak dengan orde yang lebih tinggi, tetapi metode ini jarang digunakan dalam peramalan praktis.

Apabila data dipengaruhi oleh pola *trend* maupun musiman, metode perataan tidak dapat digunakan untuk peramalan. Peramalan pada data yang dipengaruhi pola *trend* maupun musiman dilakukan dengan menggunakan metode *exponential smoothing*. Metode *exponential smoothing* menggunakan bobot yang berbeda untuk data masa lalu dan bobot tersebut mempunyai ciri menurun secara eksponensial. Metode dalam kelompok ini memerlukan adanya penentuan parameter tertentu dan nilai dari parameter terletak antara 0 dan 1 (Makridakis, 1999: 63). Metode yang termasuk dalam metode *exponential smoothing*, antara lain:

1. Pemulusan eksponensial tunggal (*single exponential smoothing*). Metode ini dibagi menjadi dua, yaitu:
 - a. Pemulusan eksponensial tunggal dengan satu parameter
 - b. Pemulusan eksponensial tunggal dengan pendekatan adaptif
2. Pemulusan eksponensial ganda (*double exponential smoothing*) digunakan untuk menangani pola *trend* pada data. Metode ini dibagi menjadi dua, yaitu:
 - a. Metode linear satu parameter dari Brown menggunakan parameter yang sama untuk dua pemulusan eksponensial yang digunakan. Metode ini menggunakan rumus pemulusan berganda secara langsung, yaitu pemulusan antara pola *trend* dan pola lainnya dilakukan secara bersama-sama dengan hanya menggunakan satu parameter.

- b. Metode dua parameter dari Holt menggunakan dua parameter berbeda untuk dua pemulusan eksponensial yang digunakan. Metode ini memuluskan pola *trend* secara terpisah dengan menggunakan parameter yang berbeda dari parameter yang digunakan pada data asli.
- 3. Pemulusan eksponensial tripel (*triple exponential smoothing*) digunakan untuk menangani pola *trend* dan pola musiman pada data. Metode ini dibagi menjadi dua, yaitu:
 - a. Metode kuadratik satu parameter dari Brown pendekatan dasarnya adalah memasukkan tingkat pemulusan tambahan dan pada peramalannya diberlakukan persamaan kuadratik.
 - b. Metode *trend* dan musiman tiga parameter dari Winter merupakan perluasan dari metode dua parameter dari Holt dengan tambahan satu persamaan untuk mengatasi pola musiman pada data.
- 4. Pemulusan eksponensial klasifikasi Pegels mengacu pada pemulusan eksponensial dengan *trend* multiplikatif dan musiman multiplikatif.

H. Metode *Holt's Exponential Smoothing*

Metode *Holt's exponential smoothing* atau metode pemulusan eksponensial dua parameter dari Holt dipopulerkan pada tahun 1957 (Santoso, 2009: 100). Metode ini digunakan jika data dipengaruhi pola *trend* dan data nonstasioner. *Holt's exponential smoothing* memuluskan pola *trend* dengan parameter yang berbeda dengan parameter yang digunakan pada data asli.

Menurut Hanke dan Wichern (2005: 121), ada tiga persamaan yang digunakan dalam metode ini, yaitu:

1. Pemulusan eksponensial data asli

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (2.16)$$

2. Pemulusan pola *trend*

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (2.17)$$

3. Ramalan p periode ke depan

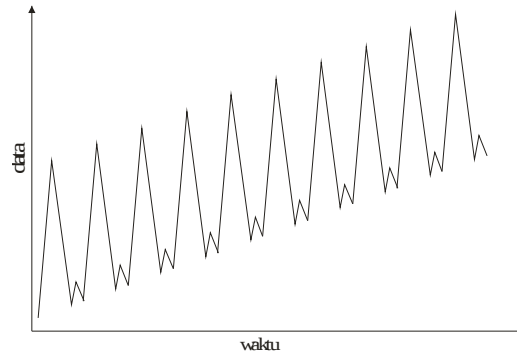
$$\hat{Y}_{t+p} = L_t + pT_t \quad (2.18)$$

dengan L_t = nilai pemulusan eksponensial pada waktu t
 Y_t = data observasi pada waktu ke t
 T_t = nilai pemulusan *trend* pada waktu t
 α = konstanta pemulusan untuk data asli $0 < \alpha < 1$
 β = konstanta pemulusan untuk pola *trend* $0 < \beta < 1$
 $\hat{Y}_{t+p}$ = nilai peramalan untuk p periode ke depan
 p = jumlah periode ke depan yang akan diramalkan

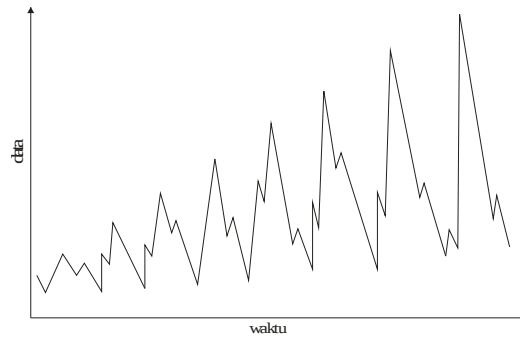
I. Metode *Winter's Exponential Smoothing*

Holt's exponential smoothing tepat digunakan jika data hanya dipengaruhi pola trend. Namun, jika data tidak hanya dipengaruhi pola *trend*, tetapi juga pola musiman, maka *Holt's exponential smoothing* tidak tepat digunakan untuk melakukan peramalan karena tidak dapat mendeteksi adanya pola musiman. Oleh karena itu, Winter menyempurnakan *Holt's exponential smoothing* dengan menambahkan satu parameter untuk mengatasi pola musiman pada data. Metode ini dibagi menjadi dua model, yaitu model aditif dan multiplikatif. Perhitungan dengan model aditif dilakukan jika plot data

asli menunjukkan fluktuasi musim yang relatif stabil, sedangkan model multiplikatif digunakan jika plot data asli menunjukkan fluktuasi musim yang bervariasi.



Gambar 7. Contoh plot data asli model aditif
(Hanke dan Wichern, 2005: 160)



Gambar 8. Contoh plot data asli model multiplikatif
(Hanke dan Wichern, 2005: 160)

Persamaan-persamaan yang digunakan dalam model aditif, yaitu:

1. Pemulusan eksponensial data asli

$$L_t = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (2.19)$$

2. Pemulusan pola *trend*

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (2.20)$$

3. Pemulusan pola musiman

$$S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (2.21)$$

4. Ramalan p periode ke depan

$$\hat{Y}_{t+p} = L_t + pT_t + S_{t-s+p} \quad (2.22)$$

dengan S_t = nilai pemulusan musiman pada waktu t

γ = konstanta pemulusan untuk pola musiman $0 < \gamma < 1$

s = periode musiman

Menurut Hanke dan Wichern (2005: 126), ada empat persamaan yang digunakan dalam model multiplikatif, yaitu:

1. Pemulusan eksponensial data asli

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (2.23)$$

2. Pemulusan pola *trend*

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (2.24)$$

3. Pemulusan pola musiman

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (2.25)$$

4. Ramalan p periode ke depan

$$\hat{Y}_{t+p} = (L_t + pT_t)S_{t-s+p}. \quad (2.26)$$

J. Metode *Seasonal ARIMA*

Metode *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)* merupakan metode *ARIMA* yang digunakan untuk menyelesaikan *time series* musiman. Metode ini terdiri dari dua bagian, yaitu bagian tidak musiman dan

bagian musiman. Bagian tidak musiman dari metode ini adalah model *ARIMA*. Model *ARIMA* terdiri dari model *autoregressive* dan model *moving average*.

1. Model Autoregressive (AR)

Model *AR* adalah model yang menggambarkan bahwa variabel *dependent* dipengaruhi oleh variabel *dependent* itu sendiri pada periode sebelumnya. Menurut Wei (2006: 33), model *AR* orde ke- p atau $AR(p)$ secara umum dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\dot{Z}_t = \phi_1 \dot{Z}_{t-1} + \dots + \phi_p \dot{Z}_{t-p} + a_t \quad (2.27)$$

dengan $\dot{Z}_t$ = nilai variabel *dependent* pada waktu t
 $\dot{Z}_{t-1}, \dots, \dot{Z}_{t-p}$ = nilai variabel *dependent* pada *time-lag* $t-1, \dots, t-p$
 $\phi_1, \dots, \phi_p$ = koefisien *autoregressive*
 a_t = nilai residu pada waktu t .

Persamaan (2.27) dapat ditulis dalam bentuk

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) \dot{Z}_t = a_t$$

atau

$$\phi_p(B) \dot{Z}_t = a_t \quad (2.28)$$

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

Untuk menemukan fungsi autokorelasinya, persamaan (2.28) dikalikan dengan $\dot{Z}_{t-k}$, hasilnya

$$\dot{Z}_{t-k} \dot{Z}_t = \phi_1 \dot{Z}_{t-k} \dot{Z}_{t-1} + \dots + \phi_p \dot{Z}_{t-k} \dot{Z}_{t-p} + \dot{Z}_{t-k} a_t. \quad (2.29)$$

Jika memasukkan nilai harapan (*expected value*) pada kedua ruas persamaan (2.29) dan diasumsikan terdapat stasioneritas, maka persamaan tersebut akan menjadi

$$E(\dot{Z}_{t-k}\dot{Z}_t) = \phi_1 E(\dot{Z}_{t-k}\dot{Z}_{t-1}) + \dots + \phi_p E(\dot{Z}_{t-k}\dot{Z}_{t-p}) + E(\dot{Z}_{t-k}a_t). \quad (2.30)$$

Karena nilai residu (a_t) bersifat random dan tidak berkorelasi dengan $\dot{Z}_{t-k}$, maka $E(\dot{Z}_{t-k}a_t)$ adalah nol untuk $k > 0$, maka persamaan (2.30) akan menjadi

$$\gamma_k = \phi_1 \gamma_{k-1} + \dots + \phi_p \gamma_{k-p}, \quad k > 0. \quad (2.31)$$

Jika kedua ruas pada persamaan (2.31) dibagi dengan γ_0 , maka diperoleh

$$\frac{\gamma_k}{\gamma_0} = \frac{\phi_1 \gamma_{k-1} + \dots + \phi_p \gamma_{k-p}}{\gamma_0}$$

atau

$$\rho_k = \phi_1 \rho_{k-1} + \dots + \phi_p \rho_{k-p}, \quad k > 0. \quad (2.32)$$

Jika $\rho_k = \phi_1 \rho_{k-1} + \dots + \phi_p \rho_{k-p}$ untuk $k > 0$, maka dapat dilihat bahwa ketika $k > p$ pada kolom terakhir matriks pembilang dari ϕ_{kk} pada persamaan (2.6) dapat ditulis sebagai kombinasi linear dari kolom sebelumnya pada matriks yang sama. Oleh karena itu, fungsi autokorelasi parsial ϕ_{kk} akan terputus setelah *lag* p .

Sebagai contoh, model AR dengan orde 1 atau AR(1) dapat ditulis

$$\dot{Z}_t = \phi_1 \dot{Z}_{t-1} + a_t$$

atau

$$(1 - \phi_1 B) \dot{Z}_t = a_t$$

Agar proses stasioner, maka akar dari $(1 - \phi_1 B) = 0$ harus terletak di luar lingkaran satuan dan proses ini stasioner jika $|\phi_1| < 1$. Fungsi autokovariansnya adalah

$$\gamma_k = \phi_1 \gamma_{k-1}, \quad k \geq 1.$$

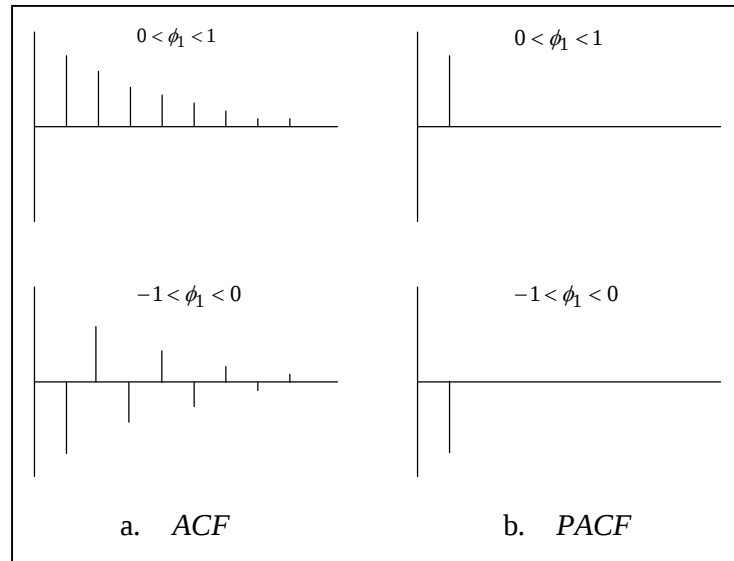
sehingga fungsi autokorelasinya adalah

$$\rho_k = \phi_1 \rho_{k-1} = \phi_1^k, \quad k \geq 1.$$

Fungsi autokorelasi parsial dari proses $AR(1)$ adalah

$$\phi_{kk} = \begin{cases} \rho_1 = \phi_1, & k = 1, \\ 0, & k \geq 2. \end{cases}$$

Pola ACF dan $PACF$ model $AR(1)$ ditunjukkan oleh Gambar 9 berikut ini



Gambar 9. Pola ACF dan $PACF$ model $AR(1)$
(Suhartono, 2005: 37)

2. Model Moving Average (MA)

Secara umum model MA orde ke- q atau $MA(q)$ dapat ditulis sebagai berikut:

$$\dot{Z}_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \cdots - \theta_q a_{t-q} \quad (2.33)$$

dengan $\dot{Z}_t$ = nilai variabel *dependent* pada waktu t
 $a_t, a_{t-1}, \dots, a_{t-q}$ = nilai residu pada waktu $t, t-1, \dots, t-q$
 $\theta_1, \dots, \theta_q$ = koefisien *Moving Average*.

Persamaan (2.33) dapat ditulis dalam bentuk

$$\dot{Z}_t = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \cdots - \theta_q B^q) a_t$$

atau

$$\dot{Z}_t = \theta_q(B) a_t \quad (2.34)$$

dengan $\theta_q(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \cdots - \theta_q B^q$.

Karena $1 + \theta_1^2 + \theta_2^2 + \cdots + \theta_q^2 < \infty$, maka proses MA berhingga selalu stasioner.

Apabila kedua ruas pada persamaan (2.33) dikalikan dengan $\dot{Z}_{t-k}$, hasilnya

$$\dot{Z}_{t-k} \dot{Z}_t = (a_t - \theta_1 a_{t-1} - \cdots - \theta_q a_{t-q}) (a_{t-k} - \theta_1 a_{t-k-1} - \cdots - \theta_q a_{t-k-q}) \quad (2.35)$$

Jika memasukkan nilai harapan (*expected value*) pada kedua ruas persamaan (2.35), maka persamaan tersebut akan menjadi

$$E(\dot{Z}_{t-k} \dot{Z}_t) = E \left[(a_t - \theta_1 a_{t-1} - \cdots - \theta_q a_{t-q}) (a_{t-k} - \theta_1 a_{t-k-1} - \cdots - \theta_q a_{t-k-q}) \right]$$

$$\begin{aligned} \gamma_k = E & \left(a_t a_{t-k} - \theta_1 a_t a_{t-k-1} - \cdots - \theta_q a_t a_{t-k-q} \right. \\ & - \theta_1 a_{t-1} a_{t-k} + \theta_1^2 a_{t-1} a_{t-k-1} + \cdots + \theta_1 \theta_q a_{t-1} a_{t-k-q} \\ & \quad \vdots \qquad \qquad \qquad \vdots \qquad \qquad \qquad \vdots \\ & \left. - \theta_q a_{t-q} a_{t-k} + \theta_q \theta_1 a_{t-q} a_{t-k-1} + \cdots + \theta_q^2 a_{t-q} a_{t-k-q} \right). \end{aligned} \quad (2.36)$$

Nilai harapan pada persamaan (2.36) tergantung pada nilai k . Jika $k = 0$, maka persamaan (2.36) menjadi

$$\gamma_0 = E(a_t a_{t-0}) + E(\theta_1^2 a_{t-1} a_{t-0-1}) + \cdots + \theta_q^2 E(a_{t-q} a_{t-0-q}). \quad (2.37)$$

Seluruh suku yang lain pada persamaan (2.36) hilang karena

$$E(a_t a_{t-i}) = 0 \text{ untuk } i \neq 0$$

dan

$$E(a_t a_{t-i}) = \sigma_e^2 \text{ untuk } i = 0.$$

Jadi, persamaan (2.37) menjadi

$$\begin{aligned}\gamma_0 &= \sigma_a^2 + \theta_1^2 \sigma_a^2 + \cdots + \theta_q^2 \sigma_a^2 \\ &= (1 + \theta_1^2 + \cdots + \theta_q^2) \sigma_a^2.\end{aligned}\quad (2.38)$$

Persamaan (2.38) merupakan varians dari proses model $MA(q)$.

Jika $k = 1$, maka persamaan (2.36) menjadi

$$\begin{aligned}\gamma_1 &= -\theta_1 E(a_{t-1}a_{t-1}) + \theta_1\theta_2 E(a_{t-2}a_{t-2}) + \cdots + \theta_{q-1}\theta_q E(a_{t-q}a_{t-q}) \\ &= -\theta_1\sigma_e^2 + \theta_1\theta_2\sigma_e^2 + \cdots + \theta_{q-1}\theta_q\sigma_e^2 \\ &= (-\theta_1 + \theta_1\theta_2 + \cdots + \theta_{q-1}\theta_q)\sigma_e^2.\end{aligned}$$

Secara umum untuk $k = k$, persamaan (2.36) menjadi

$$\gamma_k = (-\theta_k + \theta_1 \theta_{k+1} + \cdots + \theta_{q-k} \theta_q) \sigma_e^2. \quad (2.39)$$

sehingga fungsi autokovarians dari proses $MA(q)$ adalah

$$\gamma_k = \begin{cases} (-\theta_k + \theta_1\theta_{k+1} + \dots + \theta_{q-k}\theta_q)\sigma_e^2, & k = 1, 2, \dots, q, \\ 0, & k > q. \end{cases} \quad (2.40)$$

Dengan membagi persamaan (2.40) dengan persamaan (2.38), maka fungsi autokorelasinya adalah

$$\rho_k = \begin{cases} \frac{-\theta_k + \theta_1\theta_{k+1} + \dots + \theta_{q-k}\theta_q}{1 + \theta_1^2 + \dots + \theta_q^2}, & k = 1, 2, \dots, q, \\ 0, & k > q. \end{cases} \quad (2.41)$$

Fungsi autokorelasi parsial dari bagian akhir proses umum $MA(q)$ merupakan pemulusan eksponensial dan/atau gelombang sinus tergantung dari akar-akar $1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q = 0$. *PACF* akan berisi gelombang sinus jika akar-akarnya berupa bilangan kompleks.

Sebagai contoh, model $MA(1)$ dinyatakan sebagai berikut

$$\begin{aligned} \dot{Z}_t &= a_t - \theta_1 a_{t-1} \\ &= (1 - \theta_1 B) a_t. \end{aligned}$$

Fungsi autokovarians dari model ini adalah

$$\gamma_k = \begin{cases} (1 + \theta_1^2)\sigma_a^2, & k = 0, \\ -\theta_1\sigma_a^2, & k = 1, \\ 0, & k > 1. \end{cases}$$

Fungsi autokorelasinya adalah

$$\rho_k = \begin{cases} \frac{-\theta_1}{1 + \theta_1^2}, & k = 1, \\ 0, & k > 1. \end{cases}$$

dan fungsi autokorelasi parsialnya adalah

$$\phi_{11} = \rho_1 = \frac{-\theta_1}{1+\theta_1^2} = \frac{-\theta_1(1-\theta_1^2)}{1-\theta_1^4}$$

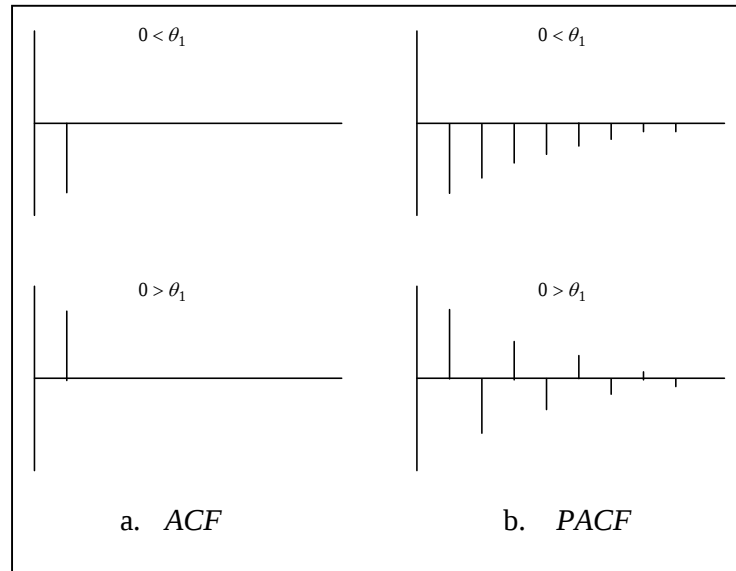
$$\phi_{22} = \frac{\rho_1^2}{1-\rho_1^2} = \frac{-\theta_1^2}{1+\theta_1^2+\theta_1^4} = \frac{-\theta_1^2(1-\theta_1^2)}{1-\theta_1^6}$$

$$\phi_{33} = \frac{\rho_1^3}{1-2\rho_1^2} = \frac{-\theta_1^3}{1+\theta_1^2+\theta_1^4+\theta_1^6} = \frac{-\theta_1^3(1-\theta_1^2)}{1-\theta_1^8}.$$

Secara umum, *PACF* untuk model *MA*(1) adalah

$$\phi_{kk} = \frac{-\theta_1^k (1-\theta_1^2)}{1-\theta_1^{2(k+1)}}, \text{ untuk } k \geq 1.$$

Pola *ACF* dan *PACF* model *MA*(1) ditunjukkan oleh Gambar 10 berikut ini



Gambar 10. Pola *ACF* dan *PACF* model *MA*(1)
(Suhartono, 2005: 50)

3. Model Autoregressive Moving Average (ARMA)

Model *ARMA*(*p*,*q*) merupakan kombinasi dari model *AR*(*p*) dan *MA*(*q*), yaitu

$$\dot{Z}_t = \phi_1 \dot{Z}_{t-1} + \dots + \phi_p \dot{Z}_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q}. \quad (2.42)$$

Persamaan (2.42) dapat ditulis dalam bentuk

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) \dot{Z}_t = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) a_t \quad (2.43)$$

atau

$$\phi_p(B) \dot{Z}_t = \theta_q(B) a_t. \quad (2.44)$$

Apabila kedua ruas pada persamaan (2.42) dikalikan dengan $\dot{Z}_{t-k}$,

hasilnya

$$\begin{aligned} \dot{Z}_{t-k} \dot{Z}_t &= \phi_1 \dot{Z}_{t-k} \dot{Z}_{t-1} + \dots + \phi_p \dot{Z}_{t-k} \dot{Z}_{t-p} + \dot{Z}_{t-k} a_t - \theta_1 \dot{Z}_{t-k} a_{t-1} \\ &\quad - \dots - \theta_q \dot{Z}_{t-k} a_{t-q}. \end{aligned} \quad (2.45)$$

Jika memasukkan nilai harapan (*expected value*) pada kedua ruas persamaan (2.45), maka persamaan tersebut akan menjadi

$$\begin{aligned} \gamma_k &= \phi_1 \gamma_{k-1} + \dots + \phi_p \gamma_{k-p} + E(\dot{Z}_{t-k} a_t) - \theta_1 E(\dot{Z}_{t-k} a_{t-1}) \\ &\quad - \dots - \theta_q E(\dot{Z}_{t-k} a_{t-q}). \end{aligned} \quad (2.46)$$

Karena $E(\dot{Z}_{t-k} a_{t-i}) = 0$ untuk $k > i$, maka

$$\gamma_k = \phi_1 \gamma_{k-1} + \dots + \phi_p \gamma_{k-p}, \quad k \geq (q+1) \quad (2.47)$$

dan fungsi autokorelasinya adalah

$$\rho_k = \phi_1 \rho_{k-1} + \dots + \phi_p \rho_{k-p}, \quad k \geq (q+1). \quad (2.48)$$

Karena proses *ARMA* merupakan kasus khusus dari proses *MA*, maka fungsi autokorelasi parsialnya juga merupakan pemulusan eksponensial dan/atau gelombang sinus tergantung dari akar-akar $1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q = 0$.

Sebagai contoh, model $ARMA(1,1)$ dinyatakan sebagai berikut

$$\dot{Z}_t = \phi_1 \dot{Z}_{t-1} + a_t - \theta_1 a_{t-1}. \quad (2.49)$$

Fungsi autokovarians diperoleh dengan mengalikan persamaan (2.49)

dengan $\dot{Z}_{t-k}$, hasilnya

$$\dot{Z}_{t-k} \dot{Z}_t = \phi_1 \dot{Z}_{t-k} \dot{Z}_{t-1} + \dot{Z}_{t-k} a_t - \theta_1 \dot{Z}_{t-k} a_{t-1}$$

dan nilai harapannya adalah

$$\gamma_k = \phi_1 \gamma_{k-1} + E(\dot{Z}_{t-k} a_t) - \theta_1 E(\dot{Z}_{t-k} a_{t-1}). \quad (2.50)$$

Untuk $k = 0$, persamaan (2.50) menjadi

$$\gamma_0 = \phi_1 \gamma_1 + E(\dot{Z}_t a_t) - \theta_1 E(\dot{Z}_t a_{t-1}).$$

Jika $E(\dot{Z}_t a_t) = \sigma_a^2$, maka $E(\dot{Z}_t a_{t-1})$ dapat dijabarkan sebagai berikut

$$\begin{aligned} E(\dot{Z}_t a_{t-1}) &= \phi_1 E(\dot{Z}_{t-1} a_{t-1}) + E(a_t a_{t-1}) - \phi_1 E(a_{t-1}^2) \\ &= (\phi_1 - \theta_1) \sigma_a^2. \end{aligned}$$

Oleh karena itu,

$$\gamma_0 = \phi_1 \gamma_1 + \sigma_a^2 - \theta_1 (\phi_1 - \theta_1) \sigma_a^2. \quad (2.51)$$

Untuk $k = 1$, persamaan (2.50) menjadi

$$\gamma_1 = \phi_1 \gamma_0 - \theta_1 \sigma_a^2. \quad (2.52)$$

Jika persamaan (2.52) disubstitusikan ke persamaan (2.51), maka

$$\begin{aligned} \gamma_0 &= \phi_1^2 \gamma_0 - \phi_1 \theta_1 \sigma_a^2 + \sigma_a^2 - \phi_1 \theta_1 \sigma_a^2 + \theta_1^2 \sigma_a^2 \\ &= \frac{(1 + \theta_1^2 - 2\phi_1 \theta_1)}{(1 - \phi_1^2)} \sigma_a^2. \end{aligned} \quad (2.53)$$

Substitusikan persamaan (2.53) ke persamaan (2.52) sehingga

$$\begin{aligned}\gamma_1 &= \frac{(1 + \theta_1^2 - 2\phi_1\theta_1)}{(1 - \phi_1^2)} \phi_1 \sigma_a^2 - \theta_1 \sigma_a^2 \\ &= \frac{(\phi_1 - \theta_1)(1 - \phi_1\theta_1)}{(1 - \phi_1^2)} \sigma_a^2.\end{aligned}$$

Untuk $k = 2$, persamaan (2.50) menjadi

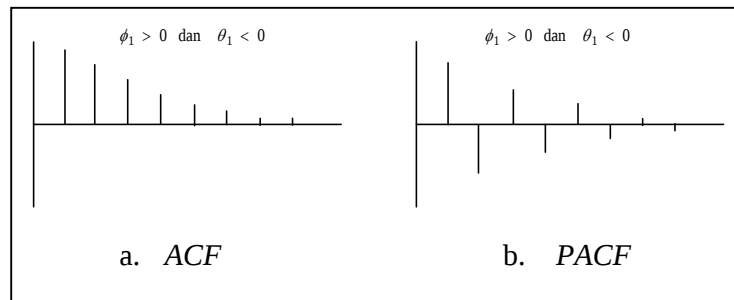
$$\gamma_k = \phi_1 \gamma_{k-1}, \quad k \geq 2.$$

Oleh karena itu, fungsi autokorelasi dari model $ARMA(1,1)$ adalah

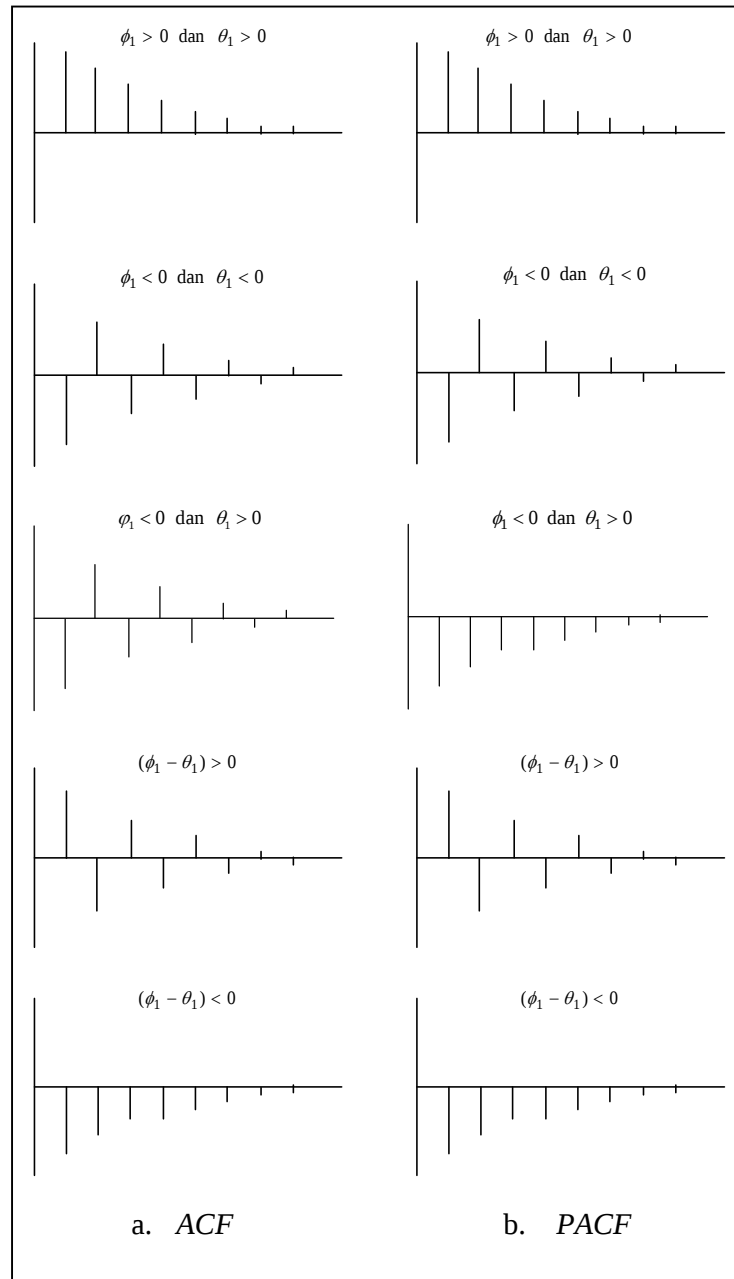
$$\rho_k = \begin{cases} 1, & k = 0, \\ \frac{(\phi_1 - \theta_1)(1 - \phi_1\theta_1)}{(1 - \phi_1^2)} \sigma_a^2, & k = 1, \\ \phi_1 \gamma_{k-1}, & k \geq 2. \end{cases}$$

Bentuk umum fungsi autokorelasi parsial dari model ini cukup rumit sehingga tidak diperlukan. Hal yang perlu diketahui bahwa model $ARMA(1,1)$ merupakan kasus khusus dari model $MA(1)$.

Pola ACF dan $PACF$ model $ARMA(1,1)$ ditunjukkan oleh Gambar 11 berikut ini



Gambar 11. Pola ACF dan $PACF$ model $ARMA(1,1)$
(Suhartono, 2005: 60)



Lanjutan Gambar 11. Pola ACF dan PACF model ARMA(1,1)
(Suhartono, 2005: 60–61)

4. Model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

Model ARMA(p, q) pada persamaan (2.43), yaitu

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)(Z_t - \mu) = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q)a_t$$

dapat juga ditulis

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) Z_t = \theta_0 + (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) a_t \quad (2.54)$$

dengan

$$\theta_0 = (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) \mu = (1 - \phi_1 - \phi_2 - \dots - \phi_p) \mu. \quad (2.55)$$

Dari persamaan (2.54), model $AR(p)$ menjadi

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) Z_t = \theta_0 + a_t \quad (2.56)$$

dan model $MA(q)$ menjadi

$$Z_t = \theta_0 + (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) a_t. \quad (2.57)$$

Dalam proses $MA(q)$, $\theta_0 = 0$.

Model *ARIMA* dilakukan pada data stasioner atau data yang *didifferencing* sehingga data telah stasioner. Secara umum, model *ARIMA* dinotasikan sebagai berikut

$$ARIMA(p, d, q)$$

dengan p = orde model *autoregressive*
 q = orde model *moving average*
 d = banyaknya *differencing*.

Model ini merupakan gabungan dari model $ARMA(p, q)$ dan proses *differencing*, yaitu

$$\phi_p(B)(1 - B)^d Z_t = \theta_0 + \theta_q(B) a_t. \quad (2.58)$$

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

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

Parameter θ_0 mempunyai peran yang berbeda untuk $d = 0$ dan $d > 0$.

Untuk $d = 0$, data asli telah stasioner dan seperti pada persamaan (2.55)

bahwa θ_0 merupakan rata-rata proses, yaitu $\theta_0 = (1 - \phi_1 - \phi_2 - \dots - \phi_p)\mu$.

Sedangkan untuk $d \geq 1$, data asli nonstasioner dan θ_0 merupakan istilah trend deterministik yang biasanya dihilangkan.

5. Model Seasonal ARIMA

Secara umum, model *Seasonal ARIMA* dinotasikan sebagai berikut

$$ARIMA(p,d,q)(P,D,Q)_s$$

dengan (p,d,q) = bagian tidak musiman dari model

(P,D,Q) = bagian musiman dari model

P = orde musiman untuk AR

Q = orde musiman untuk MA

D = banyaknya *seasonal differencing*

s = jumlah periode per musim.

Suatu deret $\{Z_t\}$ tidak diketahui periode variasi musiman dan tidak musiman, bentuk model *ARIMA* untuk deret itu adalah

$$\phi_p(B)(1-B)^d Z_t = \theta_q(B)b_t. \quad (2.59)$$

Jika terdapat $\{b_t\}$ tidak *white noise* dengan korelasi antar periode musiman, maka fungsi autokorelasi untuk $\{b_t\}$ adalah

$$\rho_{j(s)} = \frac{E(b_{t-js} - \mu_b)(b_t - \mu_b)}{\sigma_b^2}, \quad j = 1, 2, 3, \dots \quad (2.60)$$

Untuk lebih mudah melihat korelasi antar periode, dapat direpresentasikan sebagai model *ARIMA* berikut

$$\Phi_p(B^s)(1-B^s)^D b_t = \Theta_Q(B^s)a_t \quad (2.61)$$

dengan $\Phi_p(B^s) = 1 - \Phi_1 B^s - \Phi_2 B^{2s} - \dots - \Phi_p B^{ps}$

dan $\Theta_Q(B^s) = 1 - \Theta_1 B^s - \Theta_2 B^{2s} - \dots - \Theta_Q B^{Qs}$

adalah persamaan polinomial dalam B^s . Jika akar-akar dari polinomial-polinomial tersebut berada di luar lingkaran unit dan $\{a_t\} = 0$, maka proses tersebut adalah proses *white noise*.

Dengan mengkombinasikan persamaan (2.59) dan persamaan (2.61), diperoleh model *Seasonal ARIMA*, yaitu

$$\Phi_p(B^s)\phi_p(B)(1-B)^d(1-B^s)^D \dot{Z}_t = \theta_q(B)\Theta_Q(B^s)a_t \quad (2.62)$$

dengan $\dot{Z}_t = \begin{cases} Z_t - \mu, & d = 0 \text{ atau } D = 0 \\ Z_t, & \text{lainnya} \end{cases}$

$\phi_p(B)$ = faktor AR tidak musiman

$\theta_q(B)$ = faktor MA tidak musiman

$\Phi_p(B^s)$ = faktor AR musiman

$\Theta_Q(B^s)$ = faktor MA musiman

μ = rata-rata Z_t .

Langkah-langkah untuk melakukan peramalan dengan metode *ARIMA* adalah:

1. Melakukan proses identifikasi model

Pada proses identifikasi model pertama-tama diuji apakah data stasioner atau tidak. Jika data tidak stasioner, maka dilakukan proses *differencing*, yaitu menentukan berapa nilai d . Jika data telah stasioner setelah *differencing* pertama, maka nilai $d = 1$ dan seterusnya. Namun, jika data telah stasioner tanpa dilakukan *differencing*, maka nilai $d = 0$. Setelah data stasioner, maka dilakukan proses pemilihan model yang tepat. Proses

ini disebut dengan identifikasi model tentatif. Proses pemilihan model yang tepat dilakukan dengan mengidentifikasi orde AR dan MA pada grafik ACF dan $PACF$.

Tabel 1. Pola ACF dan $PACF$ Tidak Musiman

No.	Model	ACF	$PACF$
1.	$AR(p)$	<i>dies down</i> (menurun secara eksponensial)	<i>Cut off</i> (terputus) setelah <i>lag p</i>
2.	$MA(q)$	<i>cut off</i> (terputus) setelah <i>lag q</i>	<i>dies down</i> (menurun secara eksponensial)
3.	$ARMA(p,q)$	<i>dies down</i> (menurun secara eksponensial) setelah <i>lag (q-p)</i>	<i>dies down</i> (menurun secara eksponensial) setelah <i>lag (p-q)</i>

Tabel 2. Pola ACF dan $PACF$ Musiman dengan s Periode Per Musim

No.	Model	ACF	$PACF$
1.	$AR(P)$	<i>dies down</i> (menurun secara eksponensial) pada <i>lag musiman</i>	<i>cut off</i> (terputus) setelah <i>lag Ps</i>
2.	$MA(Q)$	<i>cut off</i> (terputus) setelah <i>lag Qs</i>	<i>dies down</i> (menurun secara eksponensial) pada <i>lag musiman</i>
3.	$ARMA(P,Q)$	<i>dies down</i> (turun cepat secara eksponensial) pada <i>lag musiman</i>	<i>dies down</i> (turun cepat secara eksponensial) pada <i>lag musiman</i>

2. Melakukan proses estimasi

Proses estimasi merupakan proses pendugaan parameter untuk model $ARIMA$. Untuk mempermudah, proses estimasi biasanya dilakukan dengan program komputer, salah satunya dengan program MINITAB.

3. Melakukan proses diagnostik

Proses diagnostik, yaitu mengevaluasi model apakah telah memenuhi syarat untuk digunakan. Evaluasi dilakukan dengan melihat apakah pada model terlihat adanya autokorelasi dan residu sudah *white noise*, yaitu

residu bersifat random dan berdistribusi normal. Untuk mengetahui apakah residu bersifat random atau tidak, dapat dilakukan uji korelasi residu dengan uji Ljung–Box atau dapat dilihat pada grafik *ACF* residu. Jika pada grafik *ACF* tidak ada *lag* (bar) yang melebihi garis batas signifikansi (garis putus–putus), maka residu bersifat random. Sedangkan untuk mengetahui apakah residu berdistribusi normal atau tidak, dapat dilihat pada grafik *normal probability plot* residu. Jika residu mengikuti garis diagonal, maka residu berdistribusi normal.

4. Menggunakan model untuk peramalan jika model memenuhi syarat.

K. Ketepatan Penggunaan Metode Peramalan

Penggunaan metode peramalan tergantung pada pola data yang akan dianalisis. Jika metode yang digunakan sudah dianggap benar untuk melakukan peramalan, maka pemilihan metode peramalan terbaik didasarkan pada tingkat kesalahan prediksi (Santoso, 2009: 40). Seperti diketahui bahwa tidak ada metode peramalan yang dapat dengan tepat meramalkan keadaan data di masa yang akan datang. Oleh karena itu, setiap metode peramalan pasti menghasilkan kesalahan. Jika tingkat kesalahan yang dihasilkan semakin kecil, maka hasil peramalan akan semakin mendekati tepat.

Alat ukur yang digunakan untuk menghitung kesalahan prediksi, antara lain:

1. *Mean Squared Deviation (MSD)*

$$MSD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Z_t - \hat{Z}_t)^2 \quad (2.63)$$

2. *Mean Absolute Deviation (MAD)*

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Z_t - \hat{Z}_t| \quad (2.64)$$

3. *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Z_t - \hat{Z}_t}{Z_t} \right| \quad (2.65)$$

dengan n = banyaknya data

Z_t = data aktual pada waktu t

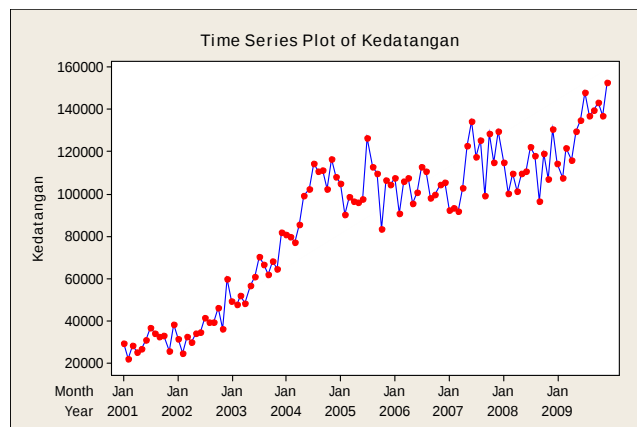
$\hat{Z}_t$ = data hasil peramalan pada waktu t .

Semakin kecil nilai yang dihasilkan oleh ketiga alat ukur tersebut, maka metode peramalan yang digunakan akan semakin baik. Dari ketiga alat ukur di atas, *MSD* yang paling sering digunakan. Pada program MINITAB, *MSD* untuk metode *Seasonal ARIMA* dinyatakan dengan *MS*.

BAB III

PEMBAHASAN

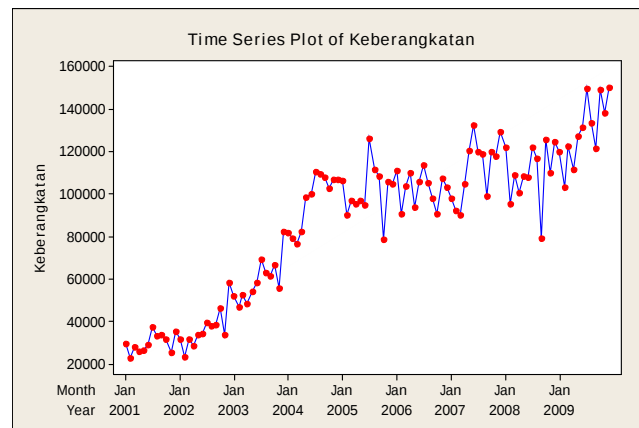
BAB ini berisi penerapan metode *Winter's Exponential Smoothing* dan *Seasonal ARIMA* untuk peramalan jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik di PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Adisutjipto. Data yang digunakan dalam penerapan ini adalah data pada Lampiran 3 dan Lampiran 4, yaitu data jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik di PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Adisutjipto dari Januari 2001 sampai Desember 2009. *Time series plot* untuk data jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik adalah



Gambar 12. *Time series plot* jumlah kedatangan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto

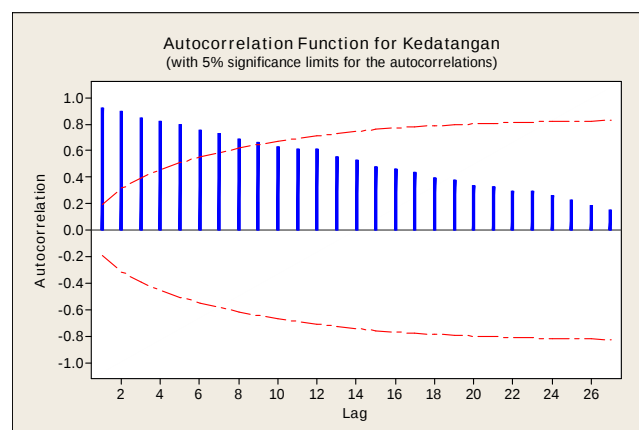
Gambar 12 memperlihatkan bahwa data dipengaruhi pola trend sekaligus pola musiman karena *time series plot* menunjukkan fluktuasi meningkat, yaitu gerakan dari kiri bawah ke kanan atas pada grafik dan pola jumlah kedatangan

penumpang pesawat terbang berulang pada bulan tertentu. Gambar 13 juga memperlihatkan hal yang sama seperti pada Gambar 12.

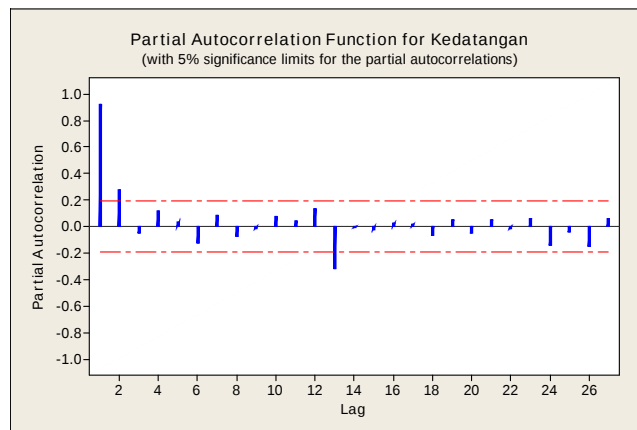


Gambar 13. *Time series plot* jumlah keberangkatan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto

Gambar 14 menunjukkan bahwa pola *trend* lebih kuat daripada pola musiman sehingga pola musiman tampak tidak begitu jelas. Gambar 14 dan Gambar 15 memperlihatkan bahwa terjadi autokorelasi pada data, yaitu adanya bar yang melebihi garis putus-putus sehingga data nonstasioner.

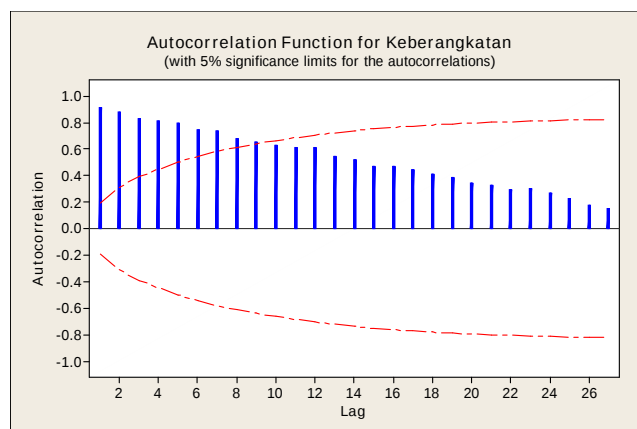


Gambar 14. Grafik ACF jumlah kedatangan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto

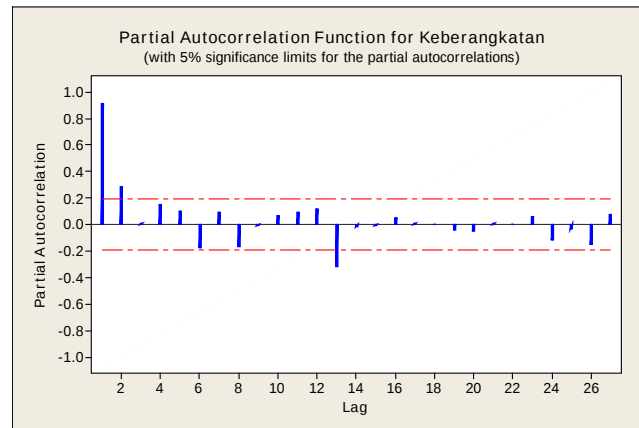


Gambar 15. Grafik *PACF* jumlah kedatangan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto

Sama halnya dengan Gambar 14, Gambar 16 juga menunjukkan pola *trend* lebih kuat daripada pola musiman sehingga pola musiman tampak tidak begitu jelas. Gambar 16 dan Gambar 17 juga memperlihatkan bahwa ada autokorelasi pada data sehingga data nonstasioner.



Gambar 16. Grafik *ACF* jumlah keberangkatan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto



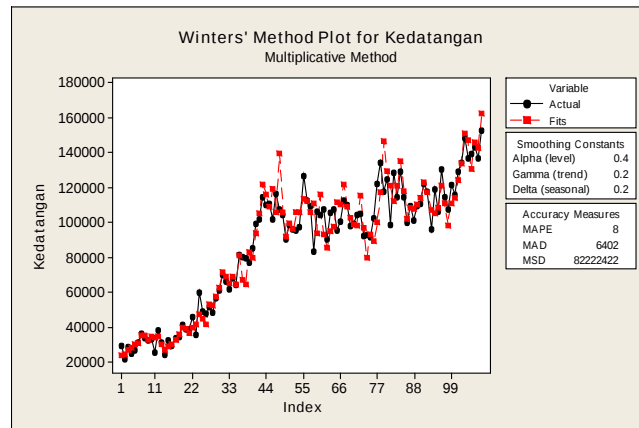
Gambar 17. Grafik PACF jumlah keberangkatan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto

A. Metode *Winter's Exponential Smoothing*

Winter's Exponential Smoothing digunakan jika data dipengaruhi pola *trend* dan pola musiman sekaligus. Data jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik merupakan data mengandung pola *trend* dan musiman sehingga metode ini tepat digunakan.

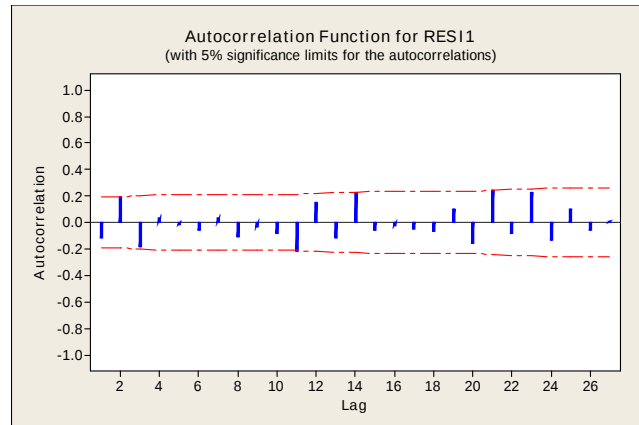
1. Jumlah Kedatangan Penumpang Domestik

Bentuk *time series plot* pada Gambar 12 memperlihatkan bahwa fluktuasi musim yang bervariasi. Hal ini menunjukkan bahwa data multiplikatif. Dengan menggunakan cara *trial and error*, nilai dugaan parameter dengan *MSD* terkecil. Berdasarkan cara tersebut, diperoleh konstanta pemulusan untuk data asli $\alpha = 0,4$, konstanta pemulusan untuk pola *trend* $\beta = 0,2$, konstanta pemulusan untuk pola musiman $\gamma = 0,2$, dan $MSD = 82222422$. Hasil dari pemulusan ini dapat dilihat pada Lampiran 5.



Gambar 18. Grafik peramalan jumlah kedatangan penumpang domestik dengan metode *Winter's Exponential Smoothing*

Pada Gambar 19 terlihat bahwa semua bar tidak ada yang melewati garis putus-putus, yang menandakan residu bersifat random sehingga model dapat digunakan.



Gambar 19. Grafik ACF residu jumlah kedatangan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto

Berdasarkan hasil analisis di atas, diperoleh empat persamaan model multiplikatif *Winter's Exponential Smoothing*, yaitu

1. Pemulusan eksponensial data asli

$$L_t = 0,4 \frac{Y_t}{S_{t-12}} + 0,6(L_{t-1} + T_{t-1})$$

2. Pemulusan pola *trend*

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

3. Pemulusan pola musiman

$$S_t = 0,2 \frac{Y_t}{L_t} + 0,8S_{t-12}$$

4. Ramalan p periode ke depan

$$\hat{Y}_{t+p} = (L_t + pT_t)S_{t-12+p}.$$

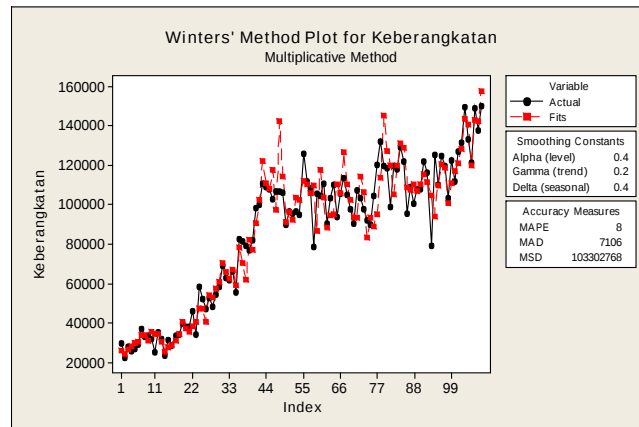
Hasil peramalan jumlah kedatangan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto pada tahun 2010 adalah

Tabel 3. Hasil Peramalan Jumlah Kedatangan Penumpang Domestik dengan Metode *Winter's Exponential Smoothing* Tahun 2010

Bulan	Ramalan
Januari	140646
Februari	124773
Maret	135313
April	131968
Mei	141605
Juni	147732
Juli	163375
Agustus	157639
September	145901
Oktober	155513
November	151233
Desember	173729
Total	1769427

2. Jumlah Keberangkatan Penumpang Domestik

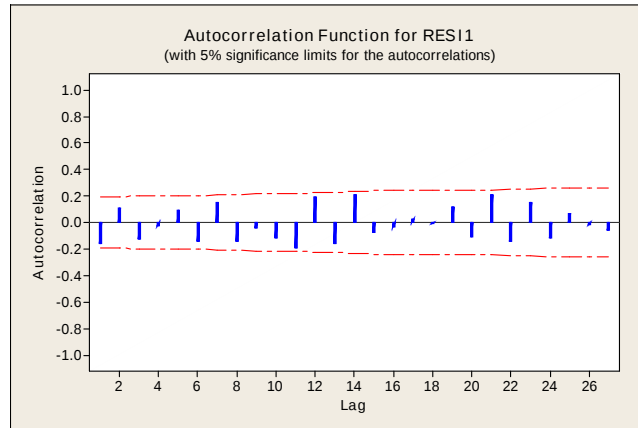
Bentuk *time series plot* pada Gambar 13 memperlihatkan bahwa fluktuasi musim yang bervariasi. Hal ini menunjukkan bahwa data multiplikatif.



Gambar 20. Grafik peramalan jumlah keberangkatan penumpang domestik dengan metode *Winter's Exponential Smoothing*

Dengan menggunakan cara *trial and error*, diperoleh konstanta pemulusan untuk data asli $\alpha = 0,4$, konstanta pemulusan untuk pola *trend* $\beta = 0,2$, konstanta pemulusan untuk pola musiman $\gamma = 0,4$, dan $MSD = 103302768$. Hasil dari pemulusan ini dapat dilihat pada Lampiran 6.

Pada Gambar 21 terlihat bahwa semua bar tidak ada yang melewati garis putus-putus, yang menandakan residu bersifat random sehingga model dapat digunakan.



Gambar 21. Grafik ACF residu jumlah keberangkatan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto

Berikut ini empat persamaan model multiplikatif *Winter's Exponential*

Smoothing berdasarkan analisis di atas, yaitu

1. Pemulusan eksponensial data asli

$$L_t = 0,4 \frac{Y_t}{S_{t-12}} + 0,6(L_{t-1} + T_{t-1})$$

2. Pemulusan pola *trend*

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

3. Pemulusan pola musiman

$$S_t = 0,4 \frac{Y_t}{L_t} + 0,6S_{t-12}$$

4. Ramalan p periode ke depan

$$\hat{Y}_{t+p} = (L_t + pT_t)S_{t-12+p}$$

Hasil peramalan jumlah keberangkatan penumpang domestik di Bandar Udara Adisutjipto pada tahun 2010 adalah

Tabel 4. Hasil Peramalan Jumlah Keberangkatan Penumpang Domestik dengan Metode *Winter's Exponential Smoothing* Tahun 2010

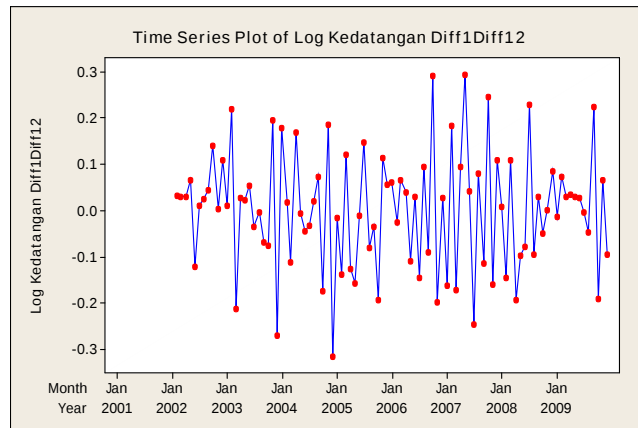
Bulan	Ramalan
Januari	150214
Februari	128646
Maret	143333
April	139778
Mei	150442
Juni	155214
Juli	171415
Agustus	160493
September	141196
Oktober	167612
November	160055
Desember	177319
Total	1845717

B. Metode *Seasonal ARIMA*

Pada Gambar 12 dan Gambar 13 terlihat bahwa data jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang nonstasioner dalam rata-rata dan varians. Oleh karena itu, perlu dilakukan transformasi logaritma dan *differencing* untuk menstasionerkan data tersebut.

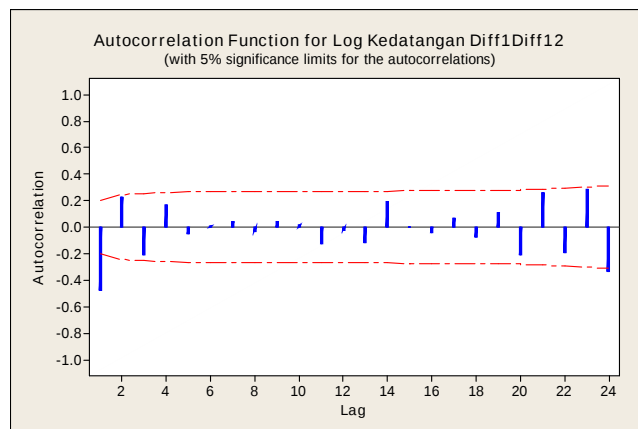
1. Jumlah Kedatangan Penumpang Domestik

Gambar 22 merupakan plot data jumlah kedatangan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto setelah data dilogaritmakan dan dilakukan *differencing* pertama tidak musiman dan musiman. Dari plot tersebut, dapat dilihat bahwa data telah stasioner dalam rata-rata dan varians setelah *differencing* pertama tidak musiman dan musiman karena fluktuasi datanya horizontal sepanjang sumbu waktu dan berarti nilai $d = D = 1$.

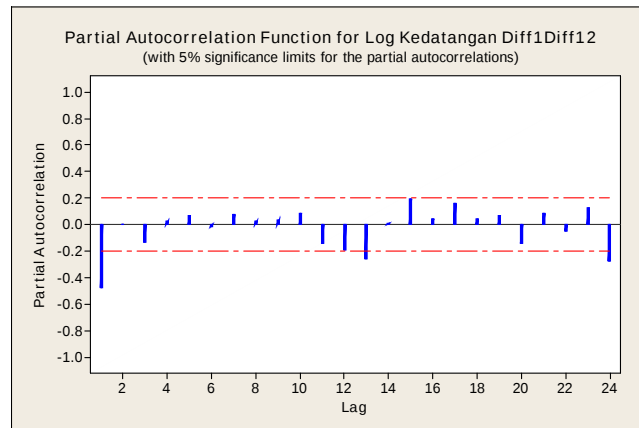


Gambar 22. Plot data jumlah kedatangan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto setelah dilogaritmakan dan dilakukan *differencing* pertama tidak musiman dan musiman

Setelah dilakukan *differencing*, tahap selanjutnya adalah identifikasi model. Identifikasi model dapat dilakukan dengan melihat grafik *ACF* dan *PACF*.



Gambar 23. Grafik *ACF* jumlah kedatangan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto setelah dilogaritmakan dan dilakukan *differencing* pertama tidak musiman dan musiman



Gambar 24. Grafik *PACF* jumlah kedatangan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto setelah dilogaritmakan dan dilakukan *differencing* pertama tidak musiman dan musiman

Berdasarkan identifikasi pada Gambar 23 dan 24, maka kemungkinan model peramalan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kemungkinan Model Peramalan Jumlah Kedatangan Penumpang Domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto

Model	Mean Square Deviation	Keterangan
$ARIMA(1,1,0)(2,1,2)_{12}$	0,006945	SAR(24) dan SMA(12) tidak signifikan
$ARIMA(1,1,0)(0,1,2)_{12}$	0,008348	residu tidak random
$ARIMA(1,1,0)(2,1,0)_{12}$	0,010075	—
$ARIMA(1,1,0)(0,1,0)_{12}$	0,0125	—

Dari Tabel 5, model yang terpilih adalah $ARIMA(1,1,0)(2,1,0)_{12}$ dengan nilai $MSD = 0,010075$.

Gambar 25 menunjukkan bahwa $AR(1)$, $SMA(12)$, $SMA(24)$ dan signifikan karena masing-masing menghasilkan nilai $p < 0,05$. Hal ini juga menunjukkan bahwa model dapat digunakan.

Final Estimates of Parameters					
Type		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	-0.5476	0.0900	-6.09	0.000
SAR	12	-0.3400	0.0992	-3.43	0.001
SAR	24	-0.4586	0.1031	-4.45	0.000
Constant		-0.00456	0.01030	-0.44	0.659

Differencing: 1 regular, 1 seasonal of order 12
Number of observations: Original series 108, after differencing 95
Residuals: SS = 0.916854 (backforecasts excluded)
MS = 0.010075 DF = 91

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	12.7	32.1	49.1	62.5
DF	8	20	32	44
P-Value	0.122	0.042	0.027	0.035

Gambar 25. Hasil analisis data jumlah kedatangan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto dengan metode *Seasonal ARIMA*

Jadi, model *Seasonal ARIMA* untuk jumlah kedatangan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto adalah

$$\Phi_2(B^{12})\phi_1(B)(1-B)(1-B^{12})Z_t = a_t$$

$$(1-\Phi_1B^{12}-\Phi_2B^{24})(1-\phi_1B)(1-B)(1-B^{12})Z_t = a_t$$

$$Z_t - \Phi_1B^{12}Z_t - \Phi_2B^{24}Z_t - \phi_1BZ_t + \Phi_1\phi_1B^{13}Z_t + \Phi_2\phi_1B^{25}Z_t - BZ_t + \Phi_1B^{13}Z_t$$

$$+ \Phi_2B^{25}Z_t + \phi_1B^2Z_t - \Phi_1\phi_1B^{14}Z_t - \Phi_2\phi_1B^{26}Z_t - B^{12}Z_t + \Phi_1B^{24}Z_t + \Phi_2B^{36}Z_t$$

$$+ \phi_1B^{13}Z_t - \Phi_1\phi_1B^{25}Z_t - \Phi_2\phi_1B^{37}Z_t - \Phi_1B^{25}Z_t - \Phi_2B^{37}Z_t - \phi_1B^{14}Z_t$$

$$- \Phi_1\phi_1B^{26}Z_t - \Phi_2\phi_1B^{38}Z_t = a_t$$

$$Z_t = (1+\phi_1)Z_{t-1} - \Phi_1Z_{t-2} + (1+\Phi_1)Z_{t-12} - (1+\Phi_1+\phi_1+\Phi_1\phi_1)Z_{t-13}$$

$$+ (\phi_1+\Phi_1\phi_1)Z_{t-14} - (\Phi_1-\Phi_2)Z_{t-24} + (\Phi_1-\Phi_2+\Phi_1\phi_1-\Phi_2\phi_1)Z_{t-25}$$

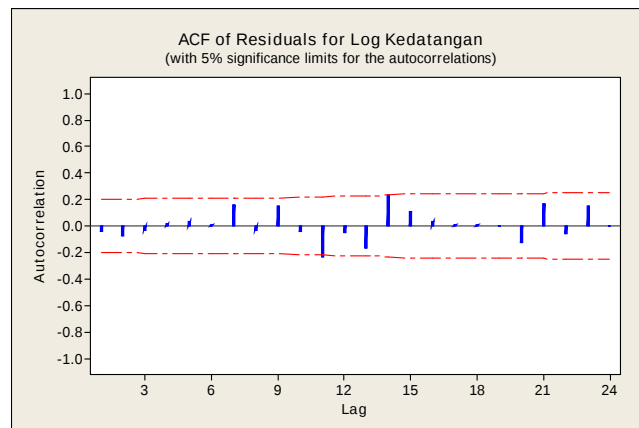
$$- (\Phi_1\phi_1-\Phi_2\phi_1)Z_{t-26} - \Phi_2Z_{t-36} + (\Phi_2+\Phi_2\phi_1)Z_{t-37} - \Phi_2\phi_1Z_{t-38} + a_t$$

$$Z_t = (0,4524)Z_{t-1} - (-0,34)Z_{t-2} + (0,66)Z_{t-12} - (0,2986)Z_{t-13} + (-0,3614)Z_{t-14}$$

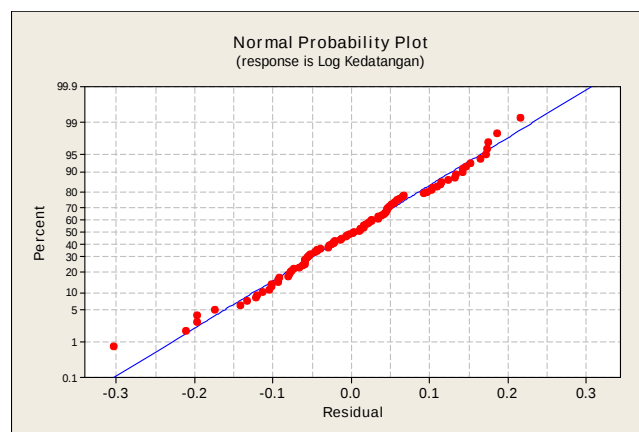
$$- (0,1186)Z_{t-24} + (0,0537)Z_{t-25} - (-0,0649)Z_{t-26} - (-0,4586)Z_{t-36}$$

$$+ (-0,2724)Z_{t-37} - (0,2511)Z_{t-38} + a_t$$

Selanjutnya dilakukan proses diagnostik dengan melihat tingkat kesalahan model, yaitu dengan melihat secara sepintas grafik *ACF* residu.



Gambar 26. Grafik *ACF* residu jumlah kedatangan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto yang telah dilogaritmakan



Gambar 27. Grafik *Normal Probability Plot* residu jumlah kedatangan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto yang telah dilogaritmakan

Pada Gambar 26 semua bar tidak melebihi garis putus-putus yang berarti residu bersifat random sehingga model dapat digunakan. Gambar 27 memperlihatkan residu mengikuti garis diagonal, yang berarti residu

berdistribusi normal. Karena residu bersifat random dan berdistribusi normal, maka residu memenuhi asumsi *white noise*.

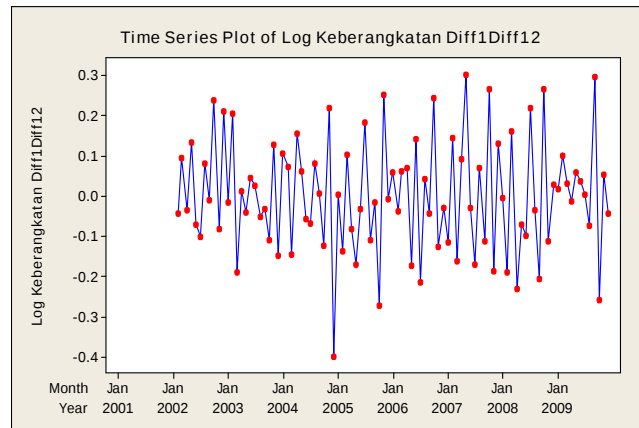
Hasil peramalan untuk jumlah kedatangan penumpang domestik di Bandar Udara Adisutjipto tahun 2010 adalah

Tabel 6. Hasil Peramalan Jumlah Kedatangan Penumpang Domestik dengan Metode *Seasonal ARIMA* Tahun 2010

Bulan	Ramalan
Januari	134215
Februari	130457
Maret	138746
April	142443
Mei	164029
Juni	174800
Juli	172854
Agustus	168805
September	157016
Oktober	174958
November	162983
Desember	180124
Total	1901430

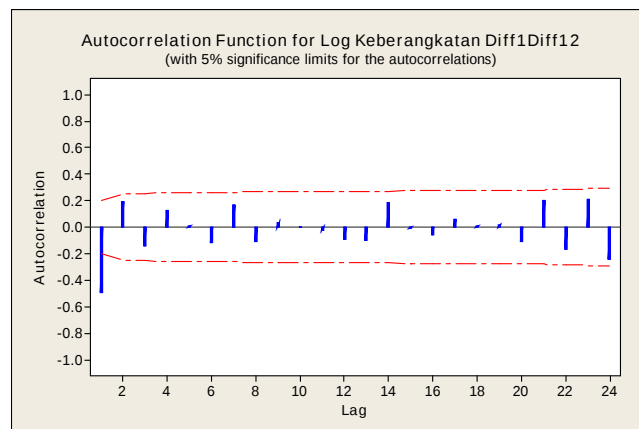
2. Jumlah Keberangkatan Penumpang Domestik

Dari Gambar 28, dapat dilihat bahwa data jumlah keberangkatan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto telah stasioner dalam rata-rata dan varians setelah data dilogartimkan dan dilakukan *differencing* pertama tidak musiman dan musiman karena karena fluktuasi datanya horizontal sepanjang sumbu waktu dan berarti nilai $d = D = 1$.

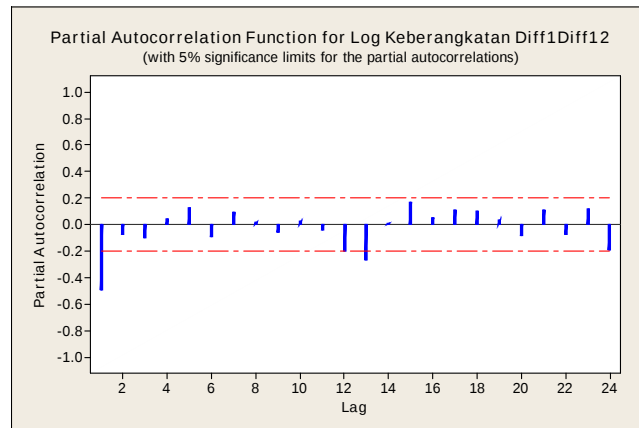


Gambar 28. Plot data jumlah keberangkatan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto setelah dilogaritmakan dan dilakukan *differencing* pertama tidak musiman dan musiman

Setelah dilakukan *differencing*, tahap selanjutnya adalah identifikasi model. Identifikasi model dapat dilakukan dengan melihat grafik *ACF* dan *PACF*.



Gambar 29. Grafik *ACF* jumlah keberangkatan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto setelah dilogaritmakan dan dilakukan *differencing* pertama tidak musiman dan musiman



Gambar 30. Grafik *PACF* jumlah keberangkatan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto setelah dilogaritmakan dan dilakukan *differencing* pertama tidak musiman dan musiman

Berdasarkan identifikasi pada Gambar 29 dan 30, maka kemungkinan model peramalan disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Kemungkinan Model Peramalan Jumlah Keberangkatan Penumpang Domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto

Model	Mean Square Deviation	Keterangan
$ARIMA(1,1,1)(1,1,0)_{12}$	0,014	$MA(1)$ tidak signifikan
$ARIMA(1,1,0)(1,1,0)_{12}$	0,01401	—
$ARIMA(1,1,0)(0,1,0)_{12}$	0,01509	—

Dari Tabel 7, model yang terpilih adalah $ARIMA(1,1,0)(1,1,0)_{12}$ karena mempunyai nilai *MSD* terkecil, yaitu 0,01401.

Berdasarkan Gambar 31, $AR(1)$ dan $SAR(12)$ signifikan karena menghasilkan nilai $p < 0,05$. Hal ini juga menunjukkan bahwa model dapat digunakan.

Final Estimates of Parameters					
Type		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	-0.5600	0.0865	-6.47	0.000
SAR	12	-0.3084	0.1038	-2.97	0.004
Constant		-0.00086	0.01215	-0.07	0.944

Differencing: 1 regular, 1 seasonal of order 12
Number of observations: Original series 108, after differencing 95
Residuals: SS = 1.28898 (backforecasts excluded)
MS = 0.01401 DF = 92

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	7.5	25.3	38.9	49.7
DF	9	21	33	45
P-Value	0.588	0.233	0.221	0.292

Gambar 31. Hasil analisis data jumlah keberangkatan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto dengan metode *Seasonal ARIMA*

Jadi, model *Seasonal ARIMA* untuk jumlah keberangkatan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto adalah

$$\Phi_1(B^{12})\phi_1(B)(1-B)(1-B^{12})Z_t = a_t$$

$$(1-\Phi_1B^{12})(1-\phi_1B)(1-B)(1-B^{12})Z_t = a_t$$

$$Z_t - \Phi_1B^{12}Z_t - \phi_1BZ_t + \Phi_1\phi_1B^{13}Z_t - BZ_t + \Phi_1B^{13}Z_t + \phi_1B^2Z_t - \Phi_1\phi_1B^{14}Z_t - B^{12}Z_t$$

$$+ \Phi_1B^{24}Z_t + \phi_1B^{13}Z_t - \Phi_1\phi_1B^{25}Z_t + B^{13}Z_t - \Phi_1B^{25}Z_t - \phi_1B^{14}Z_t + \Phi_1\phi_1B^{26}Z_t = a_t$$

$$Z_t = (1+\phi_1)Z_{t-1} - \phi_1Z_{t-2} + (1+\Phi_1)Z_{t-12} - (1+\Phi_1+\phi_1+\Phi_1\phi_1)Z_{t-13} + (\phi_1+\Phi_1\phi_1)Z_{t-14}$$

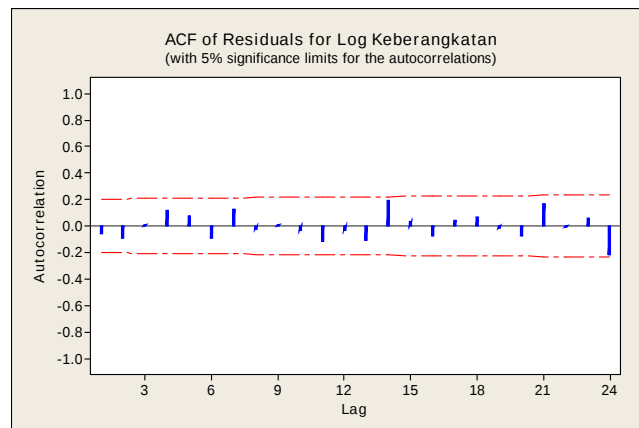
$$- \Phi_1Z_{t-24} + (\phi_1+\Phi_1\phi_1)Z_{t-25} - \Phi_1\phi_1Z_{t-26} + a_t$$

$$Z_t = (0,44)Z_{t-1} - (-0,56)Z_{t-2} + (0,6916)Z_{t-12} - (0,3043)Z_{t-13} + (-0,3873)Z_{t-14}$$

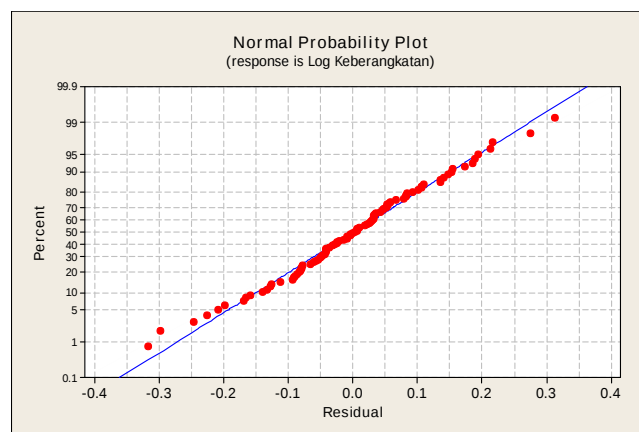
$$- (-0,3084)Z_{t-24} + (-0,3873)Z_{t-25} - (0,1727)Z_{t-26} + a_t$$

Selanjutnya dilakukan proses diagnostik dengan melihat tingkat kesalahan model, yaitu dengan melihat secara sepintas grafik *ACF* residu.

Pada Gambar 32 semua bar tidak melebihi garis putus-putus yang berarti residu bersifat random sehingga model dapat digunakan.



Gambar 32. Grafik *ACF* residu jumlah keberangkatan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto yang telah dilogaritmakan



Gambar 33. Grafik *Normal Probability Plot* residu jumlah keberangkatan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto yang telah dilogaritmakan

Gambar 33 memperlihatkan residu mengikuti garis diagonal, yang berarti residu berdistribusi normal. Karena residu bersifat random dan berdistribusi normal, maka residu memenuhi asumsi *white noise*.

Hasil peramalan untuk jumlah keberangkatan penumpang domestik di Bandar Udara Adisutjipto tahun 2010 adalah

Tabel 8. Hasil Peramalan Jumlah Keberangkatan Penumpang Domestik dengan Metode *Seasonal ARIMA* Tahun 2010

Bulan	Ramalan
Januari	145525
Februari	120656
Maret	141988
April	129638
Mei	145074
Juni	148108
Juli	168114
Agustus	152970
September	127338
Oktober	168940
November	153783
Desember	169075
Total	1771209

C. Perbandingan Hasil Peramalan dengan Menggunakan Metode *Winter's*

Exponential Smoothing dan *Seasonal ARIMA*

Dari hasil analisis data dengan menggunakan MINITAB, metode *Winter's Exponential Smoothing* dan *Seasonal ARIMA* dapat digunakan untuk meramalkan jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik di Bandar Udara Internasional Adisutjipto. Namun, untuk hasil peramalan yang lebih tepat, digunakan metode yang menghasilkan nilai *MSD* terkecil untuk memperkecil tingkat kesalahan peramalan. Untuk data jumlah kedatangan penumpang domestik, masing-masing nilai *MSD* dengan metode *Winter's Exponential Smoothing* dan *Seasonal ARIMA* adalah 82222422 dan 0,010075. Sedangkan untuk data jumlah keberangkatan penumpang domestik, masing-

masing nilai *MSD* dengan metode *Winter's Exponential Smoothing* dan *Seasonal ARIMA* adalah 103302768 dan 0,01401. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Nilai *Mean Squared Deviation (MSD)*

Kasus	<i>Mean Squared Deviation (MSD)</i>	
	<i>Winter's Exponential Smoothing</i>	<i>Seasonal ARIMA</i>
Jumlah kedatangan penumpang domestik	82222422	0,010075
jumlah keberangkatan penumpang domestik	103302768	0,01401

Jadi, untuk peramalan jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik lebih tepat menggunakan metode *Seasonal ARIMA* dengan model $ARIMA(1,1,0)(2,1,0)_{12}$ untuk jumlah kedatangan penumpang domestik dan $ARIMA(1,1,0)(1,1,0)_{12}$ jumlah keberangkatan penumpang domestik karena menghasilkan nilai *MSD* yang lebih kecil dibandingkan *MSD* yang dihasilkan pada metode *Winter's Exponential Smoothing*.

BAB IV

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari pembahasan hasil analisis yang telah dipaparkan dapat diambil kesimpulan, yaitu:

1. Peramalan jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik pada PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta dengan metode *Winter's Exponential Smoothing* menunjukkan bahwa data multiplikatif. Hasil analisis untuk data jumlah kedatangan penumpang domestik, yaitu konstanta pemulusan untuk data asli $\alpha = 0,4$ sehingga persamaan pemulusan eksponensial data asli adalah $L_t = 0,4 \frac{Y_t}{S_{t-12}} + 0,6(L_{t-1} + T_{t-1})$, konstanta pemulusan untuk pola *trend* $\beta = 0,2$ sehingga persamaan pemulusan pola *trend* adalah $T_t = 0,2(L_t - L_{t-1}) + 0,8T_{t-1}$, konstanta pemulusan untuk pola musiman $\gamma = 0,2$ sehingga persamaan pemulusan pola musiman adalah $S_t = 0,2 \frac{Y_t}{L_t} + 0,8S_{t-12}$, dan model peramalan p periode ke depan adalah $\hat{Y}_{t+p} = (L_t + pT_t) + S_{t-12+p}$. Sedangkan hasil analisis untuk data jumlah keberangkatan penumpang domestik, yaitu konstanta pemulusan untuk data asli $\alpha = 0,4$ sehingga persamaan pemulusan eksponensial data asli

adalah $L_t = 0,4 \frac{Y_t}{S_{t-12}} + 0,6(L_{t-1} + T_{t-1})$, konstanta pemulusan untuk pola

trend $\beta = 0,2$ sehingga persamaan pemulusan pola *trend* adalah

$T_t = 0,2(L_t - L_{t-1}) + 0,8T_{t-1}$, konstanta pemulusan untuk pola musiman

$\gamma = 0,4$ sehingga persamaan pemulusan pola musiman adalah

$S_t = 0,4 \frac{Y_t}{L_t} + 0,6S_{t-12}$, dan model peramalan p periode ke depan adalah

$$\hat{Y}_{t+p} = (L_t + pT_t) + S_{t-12+p}.$$

2. Peramalan jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik

pada PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara

Internasional Adisutjipto Yogyakarta metode *Seasonal ARIMA*

menghasilkan model peramalan $ARIMA(1,1,0)(2,1,0)_{12}$ atau

$$Z_t = (0,4524)Z_{t-1} - (-0,34)Z_{t-2} + (0,66)Z_{t-12} - (0,2986)Z_{t-13} + (-0,3614)Z_{t-14}$$

$$- (0,1186)Z_{t-24} + (0,0537)Z_{t-25} - (-0,0649)Z_{t-26} - (-0,4586)Z_{t-36} + (-0,2724)Z_{t-37}$$

$$- (0,2511)Z_{t-38} + a_t \text{ untuk jumlah kedatangan penumpang domestik dan}$$

$$ARIMA(1,1,0)(1,1,0)_{12} \text{ atau } Z_t = (0,44)Z_{t-1} - (-0,56)Z_{t-2} + (0,6916)Z_{t-12}$$

$$- (0,3043)Z_{t-13} + (-0,3873)Z_{t-14} - (-0,3084)Z_{t-24} + (-0,3873)Z_{t-25}$$

$$- (0,1727)Z_{t-26} + a_t \text{ untuk jumlah keberangkatan penumpang domestik.}$$

3. Peramalan jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik

dengan metode *Winter's Exponential Smoothing* masing-masing

menghasilkan nilai *Mean Squared Deviation (MSD)* 82222422 dan

103302768. Sedangkan dengan metode *Seasonal ARIMA* masing-masing

menghasilkan nilai *MSD* 0,010075 dan 0,01401. Jadi, peramalan jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik lebih tepat menggunakan metode *Seasonal ARIMA* karena menghasilkan nilai *MSD* yang lebih kecil daripada nilai *MSD* yang dihasilkan pada metode *Winter's Exponential Smoothing*. Hasil peramalan untuk jumlah kedatangan penumpang domestik tahun 2010 adalah 134215 penumpang pada bulan Januari, 130457 penumpang pada bulan Februari, 138746 penumpang pada bulan Maret, 142443 penumpang pada bulan April, 164029 penumpang pada bulan Mei, 174800 penumpang pada bulan Juni, 172854 penumpang pada bulan Juli, 168805 penumpang pada bulan Agustus, 157016 penumpang pada bulan September, 174958 penumpang pada bulan Oktober, 162983 penumpang pada bulan November, dan 180124 penumpang pada bulan Desember. Sedangkan hasil peramalan untuk jumlah keberangkatan penumpang domestik tahun 2010 adalah 145525 penumpang pada bulan Januari, 120656 penumpang pada bulan Februari, 141988 penumpang pada bulan Maret, 129638 penumpang pada bulan April, 145074 penumpang pada bulan Mei, 148108 penumpang pada bulan Juni, 168114 penumpang pada bulan Juli, 152970 penumpang pada bulan Agustus, 127338 penumpang pada bulan September, 168940 penumpang pada bulan Oktober, 153783 penumpang pada bulan November, dan 169075 penumpang pada bulan Desember.

B. Saran

Berdasarkan hasil analisis pada pembahasan, saran yang dapat penulis berikan, yaitu:

1. Bagi peneliti yang akan melakukan penelitian yang sama, diharapkan melakukan analisis pada data jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik dengan metode yang lain.
2. Pada penelitian berikutnya diharapkan melakukan analisis pada data jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang mancanegara karena dalam penelitian ini peneliti melakukan peramalan pada data jumlah kedatangan dan keberangkatan penumpang domestik.

DAFTAR PUSTAKA

- Bain, L.J. & Engelhardt, M. (1992). *Introduction to Probability and Mathematical Statistics*. California: Duxbury Press.
- Box, G.E.P., Jenkins, G.M., & Reinsel, G.C. (1994). *Time Series Analysis: Forecasting and Control Third Edition*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Chatfield, C. (2000). *Time-Series Forecasting*. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC.
- Hanke, J.E. & Wichern, D.W. (2005). *Business Forecasting Eight Edition*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Lerbin R. Aritonang R. (2002). *Peramalan Bisnis*. Jakarta: Penerbit Ghalia Indonesia.
- Makridakis, S., Wheelwright, S.C., & McGee, V.E. (1999). *Metode dan Aplikasi Peramalan Jilid 1* (Ir. Untung Sus Ardiyanto, M.Sc. & Ir. Abdul Basith, M.Sc. Terjemahan). Edisi Kedua. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Mulyana. (2004). *Buku Ajar Analisis Deret Waktu*. Bandung: FMIPA Universitas Padjadjaran.
- Nur Iriawan & Septin Puji Astuti. (2006). *Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan MINITAB 14*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Pangestu Subagyo. (1986). *Forecasting: Konsep dan Aplikasinya*. Yogyakarta. BPFE.
- PT. Angkasa Pura I (Persero). (2001). *Data Lalu Lintas Angkutan Udara Tahun 2001*. Yogyakarta: PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Adisutjipto Yogyakarta.
- . (2002). *Data Lalu Lintas Angkutan Udara Tahun 2002*. Yogyakarta: PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Adisutjipto Yogyakarta.
- . (2003). *Data Lalu Lintas Angkutan Udara Tahun 2003*. Yogyakarta: PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Adisutjipto Yogyakarta.

- . (2004). *Total Pergerakan Lalu Lintas Angkutan Udara PT. Persero Angkasa Pura I Bandara: Adisutjipto 2004*. Yogyakarta: PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta.
- . (2005). *Total Pergerakan Lalu Lintas Angkutan Udara PT. Persero Angkasa Pura I Bandara: Adisutjipto 2005*. Yogyakarta: PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta.
- . (2006). *Total Pergerakan Lalu Lintas Angkutan Udara PT. Persero Angkasa Pura I Bandara: Adisutjipto 2006*. Yogyakarta: PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta.
- . (2007). *Total Pergerakan Lalu Lintas Angkutan Udara PT. Persero Angkasa Pura I Bandara: Adisutjipto 2007*. Yogyakarta: PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta.
- . (2008). *Total Pergerakan Lalu Lintas Angkutan Udara PT. Persero Angkasa Pura I Bandara: Adisutjipto 2008*. Yogyakarta: PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta.
- . (2009). *Total Pergerakan Lalu Lintas Angkutan Udara PT. Persero Angkasa Pura I Bandara: Adisutjipto 2009*. Yogyakarta: PT. Angkasa Pura I (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta.
- Singgih Santoso. (2009). *Business Forecasting: Metode Peramalan Bisnis Masa Kini dengan MINITAB dan SPSS*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- Sudjana. (1986). *Metode Statistika*. Bandung: Tarsito.
- Suhartono. (2005). "Modul Analisis Time Series". *Modul Perkuliahan*. ITS Surabaya.
- Suhermin Ari Pujiati. (2008). "Perbandingan Metode Peramalan untuk Deret Waktu Musiman." *Jurnal FMIPA ITS*. Hlm. 1–10.
- Wei, W.W.S. (2006). *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods Second Edition*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.

LAMPIRAN



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
Karangmalang Yogyakarta 55281, Telp 586168, Pesawat 217, 218, 219

Nomor : 889/H.34.13/PS/2010
Lamp :
Hal : Permohonan ijin penelitian

Kepada Yth. General Manager PT. (Persero) Angkasa Pura I

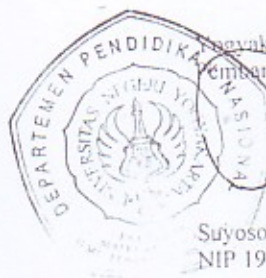
Bandar Udara Internasional Adisutjipto
di Yogyakarta

Dengan hormat,
Mohon dapat diijinkan bagi mahasiswa kami :

Nama	: Astin Nurhayati M
NIM	: 06305144022
Prodi	: Matematika
Fakultas	: MIPA Universitas Negeri Yogyakarta

Untuk melakukan kegiatan penelitian di PT. (Persero) Angkasa Pura I Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta guna memperoleh data yang diperlukan sehubungan dengan penyusunan Tugas Akhir Skripsi dengan judul 'Perbandingan Metode *Exponential Smoothing Winter* dan ARIMA untuk Peramalan Jumlah Penumpang di Bandar Udara Internasional Adisutjipto'.

Atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.



Yogyakarta, 12 Februari 2010
Bantu Delan I.

Suyoso, M.Si.
NIP 195306101982031003

Tembusan Yth.:
1. Ketua Jurusan Pendidikan Matematika
2. Peneliti ybs.
3. Arsip.



PT ANGKASA PURA I (PERSERO)

KANTOR CABANG

BANDAR UDARA INTERNASIONAL ADISUTJIPTO - YOGYAKARTA

Jl. Solo Km. 9 Yogyakarta 55282 Telp. (0274) 484143, 484261 s/d 484266 (Hunting) , Facs. 488155 Kotak Pos No. 2 YK, Airport

Nomor : AP.I. *232* /DL.09 / 2010/GMI-B
Lampiran : -
Perihal : Permohonan Ijin Penelitian

Kepada Yth.

PEMBANTU DEKAN I FAKULTAS MIPA
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

DI-

YOGYAKARTA

1. Terima kasih atas pemilihan PT (Persero) Angkasa Pura I Bandar Udara Internasional Adisutjipto-Yogyakarta sebagai lokasi penelitian bagi mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam atas nama :

NAMA : ASTIN NURHAYATI M NIM : 06305144022
Prodi : Matematika
Fakultas : MIPA Universitas Negeri Yogyakarta

2. Pada prinsipnya kami dapat menerima mahasiswa tersebut untuk melaksanakan pencarian data selama 3 (tiga) minggu, dan dimulai tanggal 14 s/d 28 Februari 2010.
3. Kepada mahasiswa tersebut di atas dipersilakan menghubungi Asisten Manager Personalia Dan Umum Bandara PT (Persero) Angkasa Pura I Bandara Internasional Adisutjipto-Yogyakarta sebagai pemandu, melalui telpon 484261 s/d 266 ext. 208.
4. Atas perhatiannya diucapkan terima kasih.

Yogyakarta, *25* Februari 2010

A.N. GENERAL MANAGER

PTS. MANAGER KEUANGAN DAN ADM. *SP*

[Signature]
DALIMIN, SE
NIP. 9064394-D



Tembusan Yth. :

1. General Manager
2. Asisten Manager Personalia Dan Umum

Jumlah Kedatangan Penumpang Domestik di
Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta Tahun 2001–2009

Tahun Bulan	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Januari	29235	31359	49367	80556	104796	107775	92552	114663	114501
Februari	21968	24359	47826	79570	90271	90514	93353	99948	107411
Maret	28520	32601	51730	77039	98708	105734	91848	109767	121479
April	25218	29727	48467	85465	96547	107551	102714	101164	115956
Mei	26941	33907	56511	99188	95785	95661	122539	109504	129319
Juni	31084	34655	60975	102304	97718	100517	134165	110816	134653
Juli	36749	41385	70400	114407	126609	112705	117709	122240	148178
Agustus	33938	39198	66530	110489	112988	110480	125139	118173	136806
September	32465	39180	62093	111023	109618	97905	99011	96320	139670
Oktober	33267	46222	67950	102109	83229	99593	128694	119296	143150
November	25768	35959	64292	116442	106386	104379	115019	106742	136873
Desember	38350	59770	81590	107872	104383	105390	129494	130849	152818
Jumlah	363503	448322	727731	1186464	1227038	1238204	1352237	1339482	1580814

Sumber: PT. Angkasa Pura 1 (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta

Lampiran 4

Jumlah Keberangkatan Penumpang Domestik di
Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta Tahun 2001–2009

Tahun Bulan	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Januari	29596	31909	52146	81727	106426	110956	97739	121885	119611
Februari	22623	23379	46982	79159	89996	90517	92239	95269	103336
Maret	27808	31646	52624	76689	96691	103651	89824	109064	122251
April	26035	28668	48254	82115	95434	109941	104457	100730	111615
Mei	26670	33630	54342	98487	96628	93631	120336	108122	127048
Juni	29301	34467	58289	99864	94845	105874	132143	107722	131410
Juli	37289	39685	68980	110520	126014	113562	119797	121821	149407
Agustus	33000	38068	62903	109273	111700	104991	118763	116572	133085
September	33629	38433	61579	107683	108354	97636	98836	79003	121492
Oktober	31786	46198	66364	102571	78678	90652	119894	125313	148996
November	25352	33988	55502	106962	105633	107286	117818	110012	137932
Desember	35235	58416	82306	106547	104572	103281	129300	124503	149822
Jumlah	358324	438487	710271	1161597	1214971	1231978	1341146	1320016	1556005

Sumber: PT. Angkasa Pura 1 (Persero) Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta

Lampiran 5

Hasil Pemulusan Data Jumlah Kedatangan Penumpang Domestik di Bandar Udara
Internasional Adisujipto Yogyakarta

Tahun	Periode (t)	Jumlah Penumpang	SMOO1	LEVE1	TREN1	SEAS1	FITS1	RESI1
2001	1	29235	23260,13	28109,09	1256,541	0,95081	24008,72	5226,276
	2	21968	23517,18	28122,34	1007,883	0,825544	24568,46	-2600,46
	3	28520	25734,06	29944,87	1170,812	0,922544	26656,35	1863,652
	4	25218	27168,48	29787,43	905,1627	0,895146	28230,74	-3012,74
	5	26941	29114,84	29440,91	654,8249	0,964954	29999,57	-3058,57
	6	31084	30135,2	30204,58	676,5942	1,024689	30805,47	278,5333
	7	36749	34130,14	31537,59	807,8783	1,137021	34894,67	1854,332
	8	33938	34086,66	31967,3	732,2443	1,076991	34959,84	-1021,84
	9	32465	31845,66	32655,33	723,4016	0,99579	32575,11	-110,113
	10	33267	33882,7	32852,01	618,0575	1,032595	34633,29	-1366,29
	11	25768	33550,84	30174,56	-41,0455	0,98781	34182,04	-8414,04
	12	38350	34569,66	31469,82	226,2157	1,16025	34522,63	3827,367
2002	13	31359	29921,8	32210,17	329,0427	0,955363	30136,89	1222,11
	14	24359	26590,9	31326,17	86,43534	0,815953	26862,54	-2503,54
	15	32601	28899,76	32982,83	400,48	0,93572	28979,5	3621,499
	16	29727	29524,47	33313,62	386,5423	0,894585	29882,95	-155,954
	17	33907	32146,1	34275,49	501,607	0,969813	32519,1	1387,901
	18	34655	35121,72	34394,26	425,0403	1,021268	35635,71	-980,713
	19	41385	39107,02	35450,67	551,3144	1,143097	39590,29	1794,705
	20	39198	38180,04	36159,54	582,8242	1,078398	38773,8	424,1973
	21	39180	36007,31	37783,67	791,0869	1,004023	36587,68	2592,323
	22	46222	39015,23	41050,04	1286,142	1,051274	39832,1	6389,899
	23	35959	40549,66	39962,8	811,4668	0,970211	41820,12	-5861,12
	24	59770	46366,85	45070,46	1670,705	1,193429	47308,36	12461,64
2003	25	49367	43058,63	48714,13	2065,298	0,96697	44654,76	4712,241
	26	47826	39748,46	53913,11	2692,035	0,830182	41433,65	6392,353
	27	51730	50447,55	56076,55	2586,316	0,933073	52966,54	-1236,54
	28	48467	50165,23	56869	2227,543	0,886119	52478,91	-4011,91
	29	56511	55152,29	58765,93	2161,42	0,968176	57312,59	-801,589
	30	60975	60015,74	60438,5	2063,649	1,018789	62223,13	-1248,13
	31	70400	69087,04	62136,13	1990,445	1,141076	71445,99	-1045,99
	32	66530	67007,5	63153,28	1795,787	1,073412	69153,99	-2623,99
	33	62093	63407,36	63707,12	1547,397	0,998151	65210,37	-3117,37
	34	67950	66973,65	65007,05	1497,903	1,050074	68600,39	-650,389
	35	64292	63070,53	66409,38	1478,789	0,969792	64523,81	-231,812
	36	81590	79254,9	68079,3	1517,016	1,194435	81019,73	570,2663

Lanjutan Lampiran 5

Tahun	Periode (t)	Jumlah Penumpang	SMOO1	LEVE1	TREN1	SEAS1	FITS1	RESI1
2004	37	80556	65830,67	75080,84	2613,919	0,988161	67297,58	13258,42
	38	79570	62330,72	84955,46	4066,06	0,851467	64500,75	15069,25
	39	77039	79269,68	86438,82	3549,52	0,92471	83063,61	-6024,61
	40	85465	76595,09	92572,47	4066,346	0,89354	79740,39	5724,608
	41	99188	89626,44	98962,61	4531,106	0,974996	93563,37	5624,626
	42	102304	100822,1	102263,1	4284,987	1,015111	105438,3	-3134,3
	43	114407	116690	104033,8	3782,125	1,132803	121579,5	-7172,54
	44	110489	111671,2	105862,5	3391,449	1,06747	115731	-5241,96
	45	111023	105666,8	110043,9	3549,42	1,000301	109052	1970,986
	46	102109	115554,1	107051,9	2241,146	1,030824	119281,3	-17172,3
	47	116442	103818,1	113603,5	3103,228	0,980831	105991,5	10450,5
	48	107872	135691,9	106148,9	991,6682	1,158794	139398,5	-31526,5
2005	49	104796	104892,2	106704,9	904,5467	0,986951	105872,1	-1076,13
	50	90271	90855,73	106973	777,2441	0,849947	91625,92	-1354,92
	51	98708	98918,95	107348,1	696,8145	0,92367	99637,68	-929,676
	52	96547	95919,78	108046,9	697,2249	0,893545	96542,42	4,583594
	53	95785	105345,4	104543,1	-142,996	0,963242	106025,2	-10240,2
	54	97718	106122,9	101145,4	-793,936	1,005312	105977,7	-8259,7
	55	126609	114577,8	104917,3	119,2383	1,147593	113678,4	12930,58
	56	112988	111996,1	105360,5	184,0344	1,068455	112123,4	864,599
	57	109618	105392,2	107160,8	507,2749	1,004827	105576,3	4041,721
	58	83229	110463,9	96896,91	-1646,95	0,996448	110986,8	-27757,8
	59	106386	95039,47	100536,1	-589,73	0,996302	93424,09	12961,91
	60	104383	116500,6	95999,39	-1379,12	1,144501	115817,2	-11434,2
2006	61	107775	94746,68	100452,1	-212,743	1,00414	93385,56	14389,44
	62	90514	85379	102741,1	287,6007	0,856156	85198,18	5315,819
	63	105734	94898,94	107605,9	1203,028	0,935457	95164,59	10569,41
	64	107551	96150,67	113431,1	2127,469	0,904468	97225,63	10325,37
	65	95661	109261,6	109059,7	827,7028	0,946022	111310,9	-15649,9
	66	100517	109639,1	105926,8	35,57786	0,994035	110471,2	-9954,16
	67	112705	121560,8	102861,4	-584,618	1,137214	121601,7	-8896,65
	68	110480	109902,8	102726,7	-494,631	1,069859	109278,2	1201,837
	69	97905	103222,5	100313,1	-878,42	0,99906	102725,5	-4820,52
	70	99593	99956,86	99640,03	-837,359	0,997064	99081,56	511,4437
	71	104379	99271,57	101188,2	-360,259	1,003348	98437,31	5941,691
	72	105390	115810	97330,25	-1059,79	1,132163	115397,7	-10007,7

Lanjutan Lampiran 5

Tahun	Periode (t)	Jumlah Penumpang	SMOO1	LEVE1	TREN1	SEAS1	FITS1	RESI1
2007	73	92552	97733,25	94630,43	-1387,8	0,99892	96669,07	-4117,07
	74	93353	81018,39	99560,54	-124,217	0,872455	79830,22	13522,78
	75	91848	93134,62	98935,85	-224,311	0,934038	93018,43	-1170,43
	76	102714	89484,33	104652,1	963,7944	0,919871	89281,45	13432,55
	77	122539	99003,19	115181,8	2876,988	0,969593	99914,96	22624,04
	78	134165	114494,8	124823,3	4229,886	1,010196	117354,6	16810,36
	79	117709	141950,8	118834,5	2186,151	1,107877	146761	-29052
	80	125139	127136,2	119399,5	1861,917	1,065501	129475,1	-4336,06
	81	99011	119287,3	112398,5	89,33676	0,975426	121147,4	-22136,4
	82	128694	112068,5	119121,9	1416,144	1,013722	112157,6	16536,4
	83	115019	119520,7	118176,9	943,9142	0,997334	120941,6	-5922,63
	84	129494	133795,5	117223,5	564,4546	1,126665	134864,1	-5370,13
2008	85	114663	117096,9	116587,6	324,3793	0,995834	117660,7	-2997,7
	86	99948	101717,4	115971	136,1848	0,870331	102000,4	-2052,39
	87	109767	108321,3	116671,8	249,1172	0,935394	108448,5	1318,539
	88	101164	107323	114143,1	-306,453	0,913155	107552,2	-6388,16
	89	109504	110672,3	113477,2	-378,333	0,968671	110375,2	-871,178
	90	110816	114634,3	111738,3	-650,445	1,006506	114252,1	-3436,08
	91	122240	123792,3	110787,6	-710,502	1,106976	123071,7	-831,69
	92	118173	118044,3	110409,6	-644,002	1,066464	117287,3	885,6987
	93	96320	107696,5	105358	-1525,53	0,963184	107068,3	-10748,3
	94	119296	106803,8	109371,9	-417,634	1,029125	105257,3	14038,7
	95	106742	109080,4	108183,5	-571,794	0,995203	108663,9	-1921,86
	96	130849	121886,6	111022,3	110,3337	1,137049	121242,4	9606,618
2009	97	114501	110559,8	112671,6	418,1184	0,999915	110669,7	3831,282
	98	107411	98061,59	117219,4	1244,058	0,87953	98425,49	8985,509
	99	121479	109646,3	123025,8	2156,53	0,9458	110810	10669,01
	100	115956	112341,6	125903	2300,656	0,914723	114310,9	1645,123
	101	129319	121958,6	130322,7	2724,477	0,973397	124187,2	5131,784
	102	134653	131170,6	133341,4	2783,307	1,007172	133912,8	740,1623
	103	148178	147605,7	135218,2	2602,004	1,104749	150686,7	-2508,73
	104	136806	144205,3	134004,1	1838,791	1,057353	146980,2	-10174,2
	105	139670	129070,7	139509,2	2572,045	0,970778	130841,8	8828,231
	106	143150	143572,4	140888,2	2333,444	1,026511	146219,4	-3069,38
	107	136873	140212,3	140946,1	1878,336	0,990382	142534,6	-5661,56
	108	152818	160262,6	139454,2	1204,284	1,128805	162398,4	-9580,38

Lampiran 6

Hasil Pemulusan Data Jumlah Keberangkatan Penumpang Domestik di Bandar
Udara Internasional Adisujipto Yogyakarta

Tahun	Periode	Jumlah Penumpang	SMOO1	LEVE1	TREN1	SEAS1	FITS1	RESI1
2001	1	29596	25174,828	27970,976	939,28368	1,0090762	25787,24	3808,7602
	2	22623	23323,772	28198,386	796,90908	0,8212257	24106,999	-1483,9993
	3	27808	25901,704	29506,662	899,18243	0,9281041	26633,707	1174,2933
	4	26035	26940,064	29649,655	747,94461	0,8990449	27761,033	-1726,0325
	5	26670	28991,378	29148,787	498,18205	0,9526632	29722,717	-3052,7172
	6	29301	29762,711	29266,821	422,15249	1,0131042	30271,386	-970,38592
	7	37289	33393,367	30885,807	661,5191	1,1675258	33875,042	3413,9585
	8	33000	32845,228	31340,934	620,24065	1,0592389	33548,715	-548,71488
	9	33629	30109,612	33178,403	863,68641	0,9818596	30705,484	2923,5158
	10	31786	34321,69	32716,125	598,49355	1,0093032	35215,138	-3429,1385
	11	25352	33338,78	29940,176	-76,395083	0,9501213	33948,664	-8596,6644
	12	35235	34152,099	30274,078	5,6644115	1,1499536	34064,957	1170,0432
2002	13	31909	30548,852	30816,642	113,04435	1,0196245	30554,568	1354,4317
	14	23379	25307,419	29945,181	-83,856829	0,8050261	25400,254	-2021,2539
	15	31646	27792,245	31555,781	255,03468	0,9580061	27714,418	3931,5825
	16	28668	28370,065	31841,359	261,14318	0,8995623	28599,352	68,647761
	17	33630	30334,092	33381,916	517,02596	0,9745706	30582,874	3047,1265
	18	34467	33819,358	33947,837	526,80507	1,0139797	34343,159	123,84075
	19	39685	39634,974	34281,059	488,08849	1,16357	40250,033	-565,03259
	20	38068	36311,833	35237,093	581,67756	1,0676789	36828,835	1239,1649
	21	38433	34597,879	37148,491	847,62152	1,0029469	35169,005	3263,9955
	22	46198	37494,09	41106,536	1469,7064	1,055126	38349,597	7848,4027
	23	33988	39056,196	39854,655	925,38887	0,9111923	40452,596	-6464,5957
	24	58416	45831,003	44787,455	1726,8711	1,2116897	46895,158	11520,842
2003	25	52146	45666,388	48365,538	2097,1134	1,0430405	47427,149	4718,8514
	26	46982	38935,519	53621,928	2728,9687	0,8334842	40623,75	6358,2497
	27	52624	51370,133	55782,841	2615,3576	0,9521527	53984,501	-1360,5011
	28	48254	50180,143	56495,576	2234,833	0,8813854	52532,82	-4278,8198
	29	54342	55058,929	57542,221	1997,1956	0,9624963	57236,931	-2894,9313
	30	58289	58346,644	58717,799	1832,872	1,0054667	60371,759	-2082,7594
	31	68980	68322,269	60043,63	1731,4638	1,1576745	70454,944	-1474,9436
	32	62903	64107,317	60631,318	1502,7086	1,0555942	65955,964	-3052,9642
	33	61579	60809,99	61839,644	1443,832	1,0000822	62317,126	-738,12639
	34	66364	65248,616	63128,787	1412,8943	1,0535747	66772,04	-408,0402
	35	55502	57522,464	63089,57	1122,4719	0,8986087	58809,882	-3307,8821
	36	82306	76444,979	65697,878	1419,6393	1,228132	77805,067	4500,933

Lanjutan Lampiran 6

Tahun	Periode	Jumlah Penumpang	SMOO1	LEVE1	TREN1	SEAS1	FITS1	RESI1
2004	37	81727	68525,546	71612,343	2318,6044	1,082321	70006,287	11720,713
	38	79159	59687,758	82348,011	4002,017	0,8846001	61620,278	17538,722
	39	76689	78407,877	84027,119	3537,4353	0,9363594	82218,408	-5529,4083
	40	82115	74060,275	89805,064	3985,5372	0,894579	77178,119	4936,8808
	41	98487	86437,042	97204,18	4668,2531	0,9827766	90273,107	8213,8932
	42	99864	97735,569	100851,88	4464,1415	0,9993619	102429,34	-2565,3423
	43	110520	116753,64	101376,51	3676,2401	1,1306821	121921,67	-11401,667
	44	109273	107012,46	104438,85	3553,4601	1,0518713	110893,07	-1620,0727
	45	107683	104447,43	107865,05	3528,0074	0,9993742	108001,19	-318,18501
	46	102571	113643,89	105777,92	2404,9807	1,0200178	117360,91	-14789,907
	47	106962	95052,962	112522,01	3272,8023	0,9194002	97214,099	9747,9011
	48	106547	138191,88	104179,02	949,64421	1,1459711	142211,31	-35664,309
2005	49	106426	112755,14	102409,71	405,85264	1,0650798	113782,96	-7356,963
	50	89996	90591,64	102383,88	319,51696	0,8823623	90950,657	-954,65694
	51	96691	95868,115	102927,12	364,26064	0,9375806	96167,298	523,70216
	52	95434	92076,436	104646,97	635,37849	0,901532	92402,296	3031,7041
	53	96628	102844,6	102497,98	78,504808	0,9667583	103469,03	-6841,0306
	54	94845	102432,57	99508,112	-535,16911	0,9808725	102511,03	-7666,0292
	55	126014	112512,04	103963,58	462,95902	1,1632482	111906,93	14107,069
	56	111700	109356,31	105132,61	604,17169	1,0561098	109843,28	1856,7194
	57	108354	105066,82	106810,81	818,97734	1,0054037	105670,61	2683,3903
	58	78678	108948,93	95431,448	-1620,6898	0,9417888	109784,3	-31106,3
	59	105633	87739,69	102243,81	65,920489	0,9648994	86249,628	19383,372
	60	104572	117168,45	97886,583	-818,70895	1,1149017	117244	-12671,998
2006	61	110956	104257,02	99911,219	-250,04001	1,0832662	103385,03	7570,9722
	62	90517	88157,892	100830,65	-16,146591	0,8885026	87937,266	2579,7341
	63	103651	94536,856	104709,32	762,81856	0,9585054	94521,717	9129,2825
	64	109941	94398,804	112062,92	2080,974	0,9333451	95086,509	14854,491
	65	93631	108337,76	107226,53	697,5003	0,929338	110349,56	-16718,558
	66	105874	105175,55	107929,85	698,66587	0,9809043	105859,71	14,290934
	67	113562	125549,21	104227,07	-181,6232	1,1337743	126361,93	-12799,934
	68	104991	110075,24	102192,45	-552,22299	1,0446199	109883,43	-4892,4262
	69	97636	102744,67	99828,634	-914,54214	0,9944566	102189,46	-4553,4626
	70	90652	94017,488	97850,506	-1127,2593	0,9356467	93156,183	-2504,1826
	71	107286	94415,89	102509,47	29,984854	0,997578	93328,199	13957,801
	72	103281	114287,98	98578,418	-762,22211	1,0880226	114321,41	-11040,411

Lanjutan Lampiran 6

Tahun	Periode	Jumlah Penumpang	SMOO1	LEVE1	TREN1	SEAS1	FITS1	RESI1
2007	73	97739	106786,67	94780,199	-1369,4215	1,0624467	105960,98	-8221,9821
	74	92239	84212,457	97572,06	-537,16489	0,9112385	82995,723	9243,2772
	75	89824	93523,351	95705,961	-802,95164	0,9505198	93008,476	-3184,4756
	76	104457	89326,695	101708,52	558,15137	0,9708163	88577,264	15879,736
	77	120336	94521,593	113154,3	2735,6753	0,9829901	95040,304	25295,696
	78	132143	110993,53	123420,18	4241,7168	1,0168129	113676,97	18466,032
	79	119797	139930,62	118861,99	2481,7352	1,0834111	144739,77	-24942,773
	80	118763	124165,6	118282,29	1869,4496	1,0283976	126758,07	-7995,0722
	81	98836	117626,61	111845,82	208,26517	0,9501463	119485,7	-20649,698
	82	119894	104648,18	118488,55	1495,1577	0,9661326	104843,04	15050,96
	83	117818	118201,57	119231,84	1344,7847	0,9938036	119693,11	-1875,1095
	84	129300	129726,94	119881,75	1205,8098	1,0842387	131190,1	-1890,0983
2008	85	121885	127367,98	118540,96	696,48832	1,0487521	128649,09	-6764,0871
	86	95269	108019,09	113362,03	-478,59391	0,8829015	108653,75	-13384,753
	87	109064	107752,86	113626,63	-329,95469	0,95425	107297,94	1766,0565
	88	100730	110310,59	109481,23	-1093,0457	0,9505164	109990,27	-9260,2652
	89	108122	107618,96	109030,1	-964,66225	0,9864625	106544,5	1577,4959
	90	107722	110863,21	107215,59	-1134,6307	1,011977	109882,33	-2160,3264
	91	121821	116158,56	108625,41	-625,74113	1,0986378	114929,29	6891,7076
	92	116572	111710,11	110141,02	-197,47078	1,040394	111066,6	5505,4025
	93	79003	104650,08	99225,429	-2341,0947	0,8885666	104462,45	-25459,454
	94	125313	95864,925	110012,92	284,62205	1,0353097	93603,117	31709,883
	95	110012	109331,24	110457,69	316,65275	0,9946682	109614,1	397,90282
	96	124503	119762,51	112396,56	641,09547	1,0936279	120105,83	4397,1669
2009	97	119611	117876,12	113442,91	722,14612	1,0509999	118548,47	1062,5254
	98	103336	100158,92	115315,58	952,25098	0,8881868	100796,5	2539,4992
	99	122251	110039,9	121005,55	1899,7946	0,976667	110948,58	11302,419
	100	111615	115017,75	120713,47	1461,419	0,9401608	116823,54	-5208,5396
	101	127048	119079,31	124821,54	1990,7495	0,9990124	120520,94	6527,0583
	102	131410	126316,53	128029,26	2234,1446	1,0177486	128331,12	3078,8779
	103	149407	140657,79	132555,22	2692,508	1,1100348	143112,31	6294,6923
	104	133085	137909,66	132315,79	2106,1204	1,0265618	140710,93	-7625,9268
	105	121492	117571,4	135344,38	2290,6131	0,8922003	119442,82	2049,176
	106	148996	140123,35	140146,76	2792,9678	1,0464429	142494,84	6501,1588
	107	137932	139399,53	141232,39	2451,4988	0,9874535	142177,6	-4245,6047
	108	149822	154455,69	141008,49	1916,4201	1,0811781	157136,71	-7314,713

Lampiran 7

Output Residu Data Jumlah Kedatangan Penumpang Domestik di Bandar Udara Internasional Adisujipto Yogyakarta dengan model $ARIMA(0,1,1)(0,0,1)_{12}$

Tahun	Periode (t)	Jumlah Penumpang	Residu
2001	1	29235	*
	2	21968	-6248,2
	3	28520	1879,8
	4	25218	-1889,4
	5	26941	-252,7
	6	31084	1258,6
	7	36749	3752,4
	8	33938	-1011,4
	9	32465	-1633,4
	10	33267	4,9
	11	25768	-7193,3
	12	38350	6180,5
2002	13	31359	-6104,7
	14	24359	-6552,4
	15	32601	1587,9
	16	29727	-1800,5
	17	33907	1898,5
	18	34655	-492,2
	19	41385	3365,0
	20	39198	-430,9
	21	39180	-671,1
	22	46222	5140,2
	23	35959	-4971,3
	24	59770	14975,2
2003	25	49367	-109,5
	26	47826	-368,8
	27	51730	-71,2
	28	48467	-3008,9
	29	56511	3979,1
	30	60975	5694,1
	31	70400	8432,7
	32	66530	-449,4
	33	62093	-5533,6
	34	67950	-937,6
	35	64292	-949,8
	36	81590	5378,1

Lanjutan Lampiran 7

Tahun	Periode (t)	Jumlah Penumpang	Residu
2004	37	80556	3848,5
	38	79570	-391,9
	39	77039	-3951,1
	40	85465	7374,4
	41	99188	12424,7
	42	102304	4650,0
	43	114407	9169,9
	44	110489	1100,3
	45	111023	3021,7
	46	102109	-9689,6
	47	116442	9423,2
	48	107872	-9340,7
2005	49	104796	-9149,9
	50	90271	-18339,3
	51	98708	1873,6
	52	96547	-8046,1
	53	95785	-10982,1
	54	97718	-3532,0
	55	126609	21835,7
	56	112988	-4071,8
	57	109618	-7825,7
	58	83229	-24233,1
	59	106386	3695,1
	60	104383	6362,6
2006	61	107775	8018,7
	62	90514	-6334,4
	63	105734	5608,8
	64	107551	8291,8
	65	95661	-5023,1
	66	100517	919,9
	67	112705	-2740,5
	68	110480	3400,8
	69	97905	-8655,1
	70	99593	9561,3
	71	104379	-785,3
	72	105390	-3440,9

Lanjutan Lampiran 7

Tahun	Periode (t)	Jumlah Penumpang	Residu
2007	73	92552	-18726,4
	74	93353	-2358,8
	75	91848	-8688,4
	76	102714	2433,4
	77	122539	24766,0
	78	134165	18924,3
	79	117709	-7879,0
	80	125139	187,5
	81	99011	-21160,3
	82	128694	11680,2
	83	115019	-7121,5
	84	129494	12182,3
2008	85	114663	-492,6
	86	99948	-19426,2
	87	109767	5172,7
	88	101164	-11317,7
	89	109504	-11960,2
	90	110816	-10084,2
	91	122240	15556,0
	92	118173	-887,6
	93	96320	-10577,1
	94	119296	4948,6
	95	106742	-4438,9
	96	130849	11879,4
2009	97	114501	-9227,0
	98	107411	-513,4
	99	121479	4613,8
	100	115956	3349,4
	101	129319	17934,6
	102	134653	14691,4
	103	148178	6486,7
	104	136806	-5409,6
	105	139670	5578,0
	106	143150	-1064,5
	107	136873	-3992,3
	108	152818	4764,0

Lampiran 8

Output Residu Data Jumlah Keberangkatan Penumpang Domestik di Bandar Udara Internasional Adisujipto Yogyakarta dengan model $ARIMA(0,1,1)(0,0,1)_{12}$

Tahun	Periode (t)	Jumlah Penumpang	Residu
2001	1	29596	*
	2	22623	-5672,1
	3	27808	584,6
	4	26035	-1487,6
	5	26670	-422,8
	6	29301	522,6
	7	37289	4049,1
	8	33000	-798,2
	9	33629	-916,3
	10	31786	-509,1
	11	25352	-7120,9
	12	35235	3202,9
2002	13	31909	-3861,9
	14	23379	-7615,5
	15	31646	1057,4
	16	28668	-2551,3
	17	33630	2253,3
	18	34467	344,9
	19	39685	1904,9
	20	38068	-99,5
	21	38433	-575,7
	22	46198	6297,1
	23	33988	-6026,2
	24	58416	15995,4
2003	25	52146	4054,1
	26	46982	-868,6
	27	52624	996,3
	28	48254	-3183,2
	29	54342	1103,9
	30	58289	3804,5
	31	68980	10393,2
	32	62903	-1303,5
	33	61579	-2870,7
	34	66364	-1877,3
	35	55502	-7414,2
	36	82306	10246,8

Lanjutan Lampiran 8

Tahun	Periode (t)	Jumlah Penumpang	Residu
2004	37	81727	5973,4
	38	79159	1076,2
	39	76689	-3990,1
	40	82115	4424,6
	41	98487	15782,6
	42	99864	6294,2
	43	110520	7560,9
	44	109273	5440,0
	45	107683	1332,5
	46	102571	-5380,2
	47	106962	4351,1
	48	106547	-7896,4
2005	49	106426	-5801,9
	50	89996	-19396,4
	51	96691	-1678,2
	52	95434	-7233,3
	53	96628	-11899,3
	54	94845	-7989,8
	55	126014	23251,8
	56	111700	-4561,7
	57	108354	-5998,4
	58	78678	-30269,3
	59	105633	5957,7
	60	104572	6927,0
2006	61	110956	9798,9
	62	90517	-6664,5
	63	103651	3524,9
	64	109941	10760,3
	65	93631	-7031,6
	66	105874	8597,5
	67	113562	-5681,1
	68	104991	-2697,8
	69	97636	-7712,9
	70	90652	4356,6
	71	107286	4664,5
	72	103281	-5165,3

Lanjutan Lampiran 8

Tahun	Periode (t)	Jumlah Penumpang	Residu
2007	73	97739	-13173,7
	74	92239	-6361,0
	75	89824	-11072,5
	76	104457	2339,6
	77	120336	23479,2
	78	132143	15234,7
	79	119797	365,0
	80	118763	-2172,0
	81	98836	-18398,3
	82	119894	5409,9
	83	117818	-1980,1
	84	129300	13848,8
2008	85	121885	4858,3
	86	95269	-25558,3
	87	109064	4253,3
	88	100730	-12207,7
	89	108122	-13559,4
	90	107722	-10487,7
	91	121821	12038,5
	92	116572	1145,1
	93	79003	-27702,7
	94	125313	21945,9
	95	110012	-2387,0
	96	124503	3063,3
2009	97	119611	-3169,8
	98	103336	-2096,3
	99	122251	6137,2
	100	111615	26,7
	101	127048	18680,4
	102	131410	14876,1
	103	149407	13863,3
	104	133085	-7382,9
	105	121492	577,0
	106	148996	4705,4
	107	137932	-1597,8
	108	149822	7277,4