



TUGAS AKHIR - SS 145561

PERAMALAN KECEPATAN ANGIN DI SURABAYA MENGUNAKAN METODE ARIMA *BOX-JENKINS*

Ilma Tamarina Arba
NRP 1314 030 094

Dosen Pembimbing
Dr. Brodjol Sutijo S.U., M.Si

DEPARTEMEN STATISTIKA BISNIS
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - SS 145561

PERAMALAN KECEPATAN ANGIN DI SURABAYA MENGUNAKAN METODE ARIMA *BOX-JENKINS*

Ilma Tamarina Arba
NRP 1314 030 094

Dosen Pembimbing
Dr. Brodjol Sutijo S.U., M.Si

DEPARTEMEN STATISTIKA BISNIS
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT - SS 145561

WIND SPEED FORECASTING IN SURABAYA USING ARIMA *BOX-JENKINS* METHOD

Ilma Tamarina Arba
NRP 1314 030 094

Supervisor
Dr. Brodjol Sutijo S.U., M.Si

STATISTICS OF BUSINESS DEPARTMENT
Faculty of Vocation
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN

**PERAMALAN KECEPATAN ANGIN DI SURABAYA
MENGUNAKAN METODE ARIMA *BOX-JENKINS***

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya pada
Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ILMA TAMARINA ARBA
NRP 1314 030 094

SURABAYA, JULI 2017

Menyetujui,
Pembimbing Tugas Akhir

Dr. Brodjol Sutijo S.U., M.Si.

NIP. 19660125 199002 1 001

Mengetahui,
Kepala Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi ITS

Dr. Wahyu Wibowo, S.Si., M.Si.

NIP. 19740328 199802 1 001
DEPARTEMEN
STATISTIKA BISNIS

PERAMALAN KECEPATAN ANGIN DI SURABAYA MENGUNAKAN METODE ARIMA *BOX-JENKIS*

Nama : Ilma Tamarina Arba
NRP : 1314 030 094
Departemen : Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS
Dosen : Dr. Brodjol Sutjjo S.U., M.Si

Abstrak

Cuaca ekstrem terjadi hampir rata pada setiap daerah di Indonesia pada tahun 2016. BMKG Juanda Surabaya meyakini bahwa musim hujan maju dari normalnya. Mulai bulan Oktober 2016 sebagian besar wilayah Jawa Timur sudah memasuki musim hujan. Peningkatan jumlah intensitas hujan dengan kecepatan angin tinggi pada bulan Desember 2016 merupakan yang tertinggi pada tahun 2016. Akibat dari cuaca buruk yang terjadi di Surabaya pada bulan Desember 2016 rata-rata terdapat 10 penerbangan yang ditunda, sehingga informasi cuaca sangat penting bagi aktivitas penerbangan, baik untuk informasi cuaca pada tempat tujuan bagi penumpang maupun informasi bagi pilot dalam melakukan penerbangan. Salah satu komponen yang penting dalam penerbangan adalah kecepatan angin karena informasi mengenai kecepatan angin digunakan untuk melakukan pendaratan maupun lepas landas dengan aman sehingga pada penelitian kali ini akan dilakukan peramalan terhadap kecepatan angin di Bandara Juanda Surabaya menggunakan metode ARIMA Box-Jenkins. Berdasarkan hasil pemodelan diketahui model peramalan kecepatan angin terbaik mengikuti model ARIMA (1,1,1) dengan akurasi model yang memiliki nilai RMSE 0,04 dan nilai SMAPE 0,1909.

Kata Kunci : Angin, ARIMA, Cuaca, Penerbangan

Halaman ini sengaja dikosongkan

WIND SPEED FORECASTING IN SURABAYA USING ARIMA *BOX-JENKINS* METHOD

Name : Ilma Tamarina Arba
No. Reg. : 1314030094
Department : Statistics of Business - Faculty of
Vocation ITS
Supervisor : Dr. Brodjol Sutijo S. U., M.Si

ABSTRACT

In 2016, extreme weather fell in almost every region in Indonesia. Indonesian Agency for Meteorological, Climatological and Geophysics or Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) in Juanda, Surabaya stated that rainy season had started earlier than when it has normally been. It can be seen by the month of October 2016, rainy season had taken place in most regions in East Java. The increase of rain intensity which raised the highest wind speed was in December 2016. Bad weather conditions that occurred in Surabaya in December 2016 had caused delays for about 10 flights, therefore weather forecasting information is very important for flight activity plan, either to inform the pilots or the passengers of the airplane. One of essential components in airline management is to know the wind speed at the moment as it is used for the planes to have save landing and take-off. Accordingly, this research would do wind speed forecasting in Juanda airport Surabaya using ARIMA Box-Jenkins methods. Based on the modeling result, it is seen that ARIMA (1, 1, 1) is the best model of wind speed forecast with its accuracy of RMSE 0,04 and SMAPE 0,1909.

Keyword : ARIMA, Flight, Weather, Wind

This page intentionally left blank

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga atas ijin-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul **“PERAMALAN KECEPATAN ANGIN DI SURABAYA MENGGUNAKAN ARIMA *BOX-JENKINS*”**.

Penyusunan laporan ini tidak lepas dari banyak pihak yang telah memberikan dukungan baik secara moral maupun material. Ucapan terima kasih ditujukan kepada :

1. Bapak Dr Brodjol Sutijo S. U., M.Si. selaku dosen pembimbing yang senantiasa membimbing, serta memberikan kritik dan saran kepada penulis dalam menyusun laporan tugas akhir ini.
2. Ibu Ir. Mutiah Salamah, M.Kes. selaku dosen penguji dan validator tugas akhir serta Ibu Iis Dewi Ratih, S.Si, M.Si. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran demi menyempurnakan laporan tugas akhir ini.
3. Ibu Ir. Sri Pingit Wulandari, M.Si selaku Kepala Program Studi Diploma III Statistika Bisnis yang membantu penulis dalam menyusun laporan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si selaku Kepala Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS.
5. Bapak Dr. Suhartono, M.Sc selaku dosen wali selama 5 semester serta Ibu Ir. Sri Pingit Wulandari, M.Si selaku dosen wali pada semester 6 yang senantiasa membantu penulis baik dalam bidang akademik maupun non akademik
6. Dosen dan staff Departemen Statistika Bisnis yang membantu untuk kelancaran pembuatan tugas akhir.
7. Bapak Taufiq Hermawan, ST, MT. selaku Kepala Seksi Data dan Informasi Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Juanda Surabaya.
8. Orang tua tercinta, Bapak Sulkan Syafi'i dan Ibu Nur Hendah yang memberi dukungan selama penulis menempuh pendidikan di ITS, dan kakak penulis Imaniar Permana Fajri,

Dahniar Rahmi Firdausi, dan Tartilla Alib Zamzami yang selama ini senantiasa memberikan kritik maupun saran yang membangun.

9. PIONEER, Putri Handayani, Rossy Budhi Pratiwi, Zaynita Asmi Aulia, Nisa Bella Yulda Sani, yang senantiasa memberikan semangat, berbagi suka duka, membantu sepenuh hati penulis selama perkuliahan hingga menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
10. Para sahabat Delya Nandita Andani, Fikri Rachmadhani, Medy Syari, Septi Febriyani, Wilda Prihasti yang selalu membantu dan memberikan semangat mulai dari awal pembuatan laporan hingga selesainya laporan tugas akhir ini.
11. Serta semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan maupun penyusunan laporan tugas akhir ini.

Penulis masih menyadari masih banyak kekurangan dari laporan tugas akhir ini, baik materi maupun teknik penyajiannya, oleh karena itu kritik dan saran sangat diperlukan untuk perbaikan karena kami menyadari laporan kerja praktek ini jauh dari sempurna.

Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat kepada pihak yang membutuhkan, khususnya bagi penulis sehingga tujuan yang diharapkan dapat tercapai.

Surabaya, 31 April 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Stationeritas Data.....	5
2.1.1 <i>Mean</i> dan <i>Varian</i>	5
2.1.2 <i>Autocorrelation Function</i> (ACF) dan <i>Partial Autocorrelation Function</i> (PACF).....	7
2.2 <i>Autoregressive Integrated Moving Average</i> (ARIMA) <i>Box-Jenkins</i>	9
2.2.1 Identifikasi Model ARIMA.....	9
2.2.2 Model <i>Autoregressive</i> (AR).....	9
2.2.3 Model <i>Moving Average</i> (MA).....	10
2.2.4 Model <i>Autoregressive Moving Average</i> (ARMA).....	10
2.2.5 Model <i>Autoregressive Integrated Moving</i> <i>Average</i> (ARIMA)	11
2.3 Estimasi Parameter dan Pengujian Parameter.....	12
2.4 Kesesuaian Model.....	14
2.4.1 Uji <i>White Noise</i>	14
2.4.2 Uji Asumsi Kenormalan	14
2.5 Pemilihan Model Terbaik.....	15
2.6 Cuaca.....	16
2.7 Kategori Kecepatan Angin	19

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Sumber Data	21
3.2 Variabel Penelitian	21
3.3 Langkah Analisis	22
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1 Karakteristik Kecepatan Angin di Surabaya.....	25
4.2 Pemodelan Kecepatan Angin di Surabaya Menggunakan ARIMA <i>Box-Jenkins</i>	27
4.2.1 Identifikasi Model ARIMA Box-Jenkins pada Kecepatan Angin di Surabaya	28
4.2.2 Pengujian Signifikansi Parameter Kecepatan Angin di Surabaya.....	33
4.2.3 Pemeriksaan Diagnosa	33
4.2.4 Pemilihan Model Terbaik	35
4.3 Peramalan Kecepatan Angin di Surabaya	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	47
BIODATA PENULIS.....	63

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Tabel Transformasi <i>Box-cox</i>	7
Tabel 2.2 Struktur ACF dan PACF Model ARIMA	9
Tabel 2.3 Skala Kecepatan Angin <i>Beaufort</i>	18
Tabel 3.1 Variabel Penelitian	21
Tabel 4.1 Karakteristik Kecepatan Angin di Surabaya	25
Tabel 4.2 Uji <i>Dickey-Fuller</i> Kecepatan Angin di Surabaya Setelah Transformasi	31
Tabel 4.3 Signifikansi Parameter Model ARIMA Kecepatan Angin di Surabaya	33
Tabel 4.4 Residual <i>White Noise</i> Model ARIMA Kecepatan Angin di Surabaya	34
Tabel 4.5 Uji Residual Berdistribusi Normal Kecepatan Angin di Surabaya	34
Tabel 4.6 <i>Error</i> Dugaan Model ARIMA.....	35
Tabel 4.7 Prakiraan Kecepatan Angin di Surabaya Bulan Maret 2017	36
Tabel 4.8 Prakiraan Kecepatan Angin di Surabaya Bulan April 2017	39

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Diagram Alir	23
Gambar 4.1 <i>Box-plot</i> Rata-rata Kecepatan Angin Harian di Surabaya Tahun 2015-2017	27
Gambar 4.2 <i>Time Series</i> Plot Kecepatan Angin di Surabaya ..	28
Gambar 4.3 <i>Plot Box-Cox</i> Kecepatan Angin di Surabaya	29
Gambar 4.4 <i>Plot Box-Cox</i> Transformasi Kecepatan Angin di Surabaya.....	29
Gambar 4.5 Plot ACF dan PACF Kecepatan Angin di Surabaya; ACF (a), PACF (b).....	30
Gambar 4.6 Plot ACF dan PACF Kecepatan Angin di Surabaya Setelah dilakukan <i>Differencing</i>	32
Gambar 4.7 Prakiraan Kecepatan Angin di Surabaya Bulan Maret 2017	38
Gambar 4.8 Prakiraan Kecepatan Angin di Surabaya Bulan April 2017	40

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Data Harian Kecepatan Angin di Surabaya Januari 2015 – Februari 2017	47
Lampiran 2 <i>Syntax Stationer Mean</i>	48
Lampiran 3 Hasil Pengujian <i>Dickey-Fuller</i>	48
Lampiran 4 <i>Output</i> Model ARIMA (0,1,1)	49
Lampiran 5 <i>Output</i> Model ARIMA (1,1,1)	49
Lampiran 6 <i>Output</i> Model ARIMA (6,1,1)	50
Lampiran 7 Perhitungan Manual <i>Error</i> ARIMA (1,1,1)	50
Lampiran 8 Perhitungan Manual <i>Error</i> ARIMA (0,1,1)	52
Lampiran 9 <i>Output Insample</i> ARIMA (1,1,1)	54
Lampiran 10 <i>Output Insample</i> ARIMA (1,1,1) Eksponensial ..	57
Lampiran 11 Hasil Uji <i>Kolmogorov Smirnov</i>	60
Lampiran 12 Surat Pernyataan Keaslian Data	61

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cuaca merupakan aspek penting dalam aktivitas penerbangan. Cuaca mempunyai dua aspek yaitu menguntungkan dan merugikan, informasi cuaca berperan dalam peningkatan efisiensi dan efektivitas kegiatan dan keselamatan penerbangan seperti angin dan tekanan udara yang dapat dimanfaatkan untuk menetapkan jalur terpendek atau waktu terbang yang sependek mungkin, di sisi lain mempunyai potensi yang membahayakan antara lain gelombang udara yang berkaitan dengan angin kencang, gelombang gunung, *turbulence* didalam awan (Maswir, 2013).

Keselamatan merupakan prioritas utama dalam penerbangan. Keselamatan penerbangan berkaitan dengan banyak faktor diantaranya ada faktor manusia, faktor kondisi dan jenis pesawat terbang, fasilitas dan sarana bandar udara, fasilitas dan sarana telekomunikasi, dan faktor cuaca. Kemungkinan penyebab kecelakaan pesawat terbang 30% anantara lain karena faktor cuaca, sedangkan 70% dari faktor manusia (Soerjadi, 2010).

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Juanda mempunyai tugas melaksanakan fungsi BMKG di bidang Meteorologi, khususnya untuk menunjang keselamatan transportasi udara, selain itu menyediakan informasi cuaca harian untuk beberapa kota di Jawa Timur. BMKG memprediksikan hujan masih akan mengguyur Jawa Timur dengan intensitas hujan yang tinggi disaat peralihan musim kemarau ke musim hujan (Fajerial, 2016). Menurut Kepala Seksi Data dan Informasi Juanda Taufiq Hermawan daerah-daerah di Jawa Timur mengalami cuaca ekstrem salah satunya di Sidoarjo, hujan dengan intensitas tinggi mencapai 50-100 milimeter setiap hari disertai

kilat dan angin berkecepatan tinggi akan sering terjadi. BMKG Juanda Surabaya memberikan informasi kepada masyarakat bahwa musim hujan tahun 2016/2017 diperkirakan maju dari normalnya.

Bulan Oktober 2016 sebagian besar wilayah di Jawa Timur diperkirakan mulai memasuki musim hujan 2016/2017. Desember 2016 disebut-sebut sebagai puncak dari tingginya curah hujan dibarengi oleh angin kencang. Peningkatan jumlah intensitas hujan dengan kecepatan angin tinggi pada bulan Desember 2016 merupakan yang tertinggi pada tahun 2016. Mengetahui keadaan cuaca dalam penerbangan sangatlah penting karena bersangkutan dengan keselamatan baik penumpang maupun awak pesawat. Bulan Desember 2016 rata-rata terdapat 10 penerbangan yang ditunda akibat cuaca buruk di Banda Juanda Surabaya. PT Angkasa Pura 1 Surabaya memberikan informasi bahwa pada tanggal 28 Januari 2017 terdapat 30 aktivitas penerbangan yang ditunda dari 8 maskapai penerbangan dengan rute Jakarta, Denpasar, Balikpapan, Makassar, dan Kupang dikarenakan cuaca buruk. Lama penundaan yang terjadi antara 30 menit sampai 2 jam dari jam penerbangan yang telah dijadwalkan (Kabarjatim, 2017).

Cuaca ekstrem tak hanya menyebabkan penundaan penerbangan namun juga membuat pesawat terlambat mendarat karena menunggu cuaca sedikit lebih baik sehingga dapat dilakukan pendaratan dengan aman, apabila cuaca tak kunjung membaik maka akan dilakukan pendaratan di bandara terdekat atau kembali pada bandara pemberangkatan. Dampak dari cuaca buruk salah satunya terjadi pada penerbangan Garuda Indonesia yang tergelincir di Bandara Internasional Adisutjipto Yogyakarta pada 1 februari 2017 akibat curah hujan yang tinggi dan angin kencang sehingga saat melakukan pendaratan pesawat tergelincir dan keluar landasan pacu (Syahpura, 2017). Kecepatan angin juga mempengaruhi pendaratan dan lepas landas pesawat, bagi pesawat kecil batas maksimum kecepatan angin dipermukaan adalah 15 knot dan bagi pesawat *boeing* maksimum kecepatan angin

dipermukaan adalah 30 knot bagi keamanan dalam melakukan pendaratan maupun lepas landas.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan peramalan terhadap kecepatan angin di Perairan Pulau Bawean dengan menggunakan Fungsi Transfer dan ARIMA *Box-Jenkins* oleh Tayyib (2014), pada penelitian tersebut dilakukan peramalan pada tekanan udara dan kecepatan angin dan menghasilkan model terbaik pada data kecepatan angin dan tekanan udara dengan menggunakan regresi robust *Least Trimmed Squares* (LTS) namun residual tidak independen.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode ARIMA Box-Jenks. Metode tersebut adalah salah satu metode yang sangat baik ketepatan akurasi karena mensyaratkan beberapa asumsi secara statistik, dan data kecepatan angin memiliki pola sehingga metode yang digunakan adalah ARIMA. Pada penelitian ini variabel yang digunakan adalah data kecepatan angin yang diperoleh dari BMKG Juanda Surabaya data Januari 2015 hingga Februari 2017 , dan akan meramalkan kecepatan angin pada bulan Maret hingga April 2017.

1.2 Rumusan Masalah

Cuaca memiliki pengaruh yang sangat penting bagi penerbangan, pada bulan Desember 2016 terdapat 10 aktivitas penerbangan yang ditunda dan pada tanggal 28 Januari 2017 terdapat 30 rute penerbangan yang ditunda akibat cuaca buruk. Oleh karena itu perlu diketahui bagaimana model terbaik untuk meramalkan kecepatan angin di Surabaya serta bagaimana kecepatan angin pada bulan Maret-April 2017 di Surabaya agar dapat memberikan peringatan dini bagi aktivitas penerbangan di Bandara Juanda.

1.3 Tujuan

Berdasarkan permasalahan yang muncul maka tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan model terbaik dan peramalan kecepatan angin di Bandara Juanda Surabaya. Memberikan

peringatan diri terhadap kegiatan penerbangan mengenai kecepatan angin yang berada di Surabaya.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah memberikan informasi kepada pihak BMKG Juanda Surabaya dan aktivitas penerbangan di Bandara Juanda terkait dengan kecepatan angin yang akan terjadi di Surabaya sehingga dapat memberikan peringatan dini terhadap kegiatan penerbangan, selain itu didapatkan manfaat pula bagi peneliti adalah pengetahuan dan penerapan ilmu statistika khususnya metode peramalan untuk mendapatkan prediksi kecepatan angin di Kota Surabaya.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah data kecepatan angin yang diperoleh di BMKG Juanda Surabaya berupa data harian mulai Januari 2015 hingga Februari 2017.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Stationeritas Data

Time series adalah serangkaian pengamatan terhadap variabel yang akan diamati secara berurutan dari waktu ke waktu dan dicatat berdasarkan urutan waktu kejadian (Wei, 2006). Metode *time series* adalah suatu metode peramalan masa depan yang dilakukan berdasarkan nilai atau data masa lalu dari suatu variabel atau kesalahan masa lalu. Beberapa hal yang harus dilakukan dalam melakukan peramalan adalah sebagai berikut:

2.1.1 Mean dan Varian

Stasioneritas dalam data *time series* ditunjukkan apabila rata-rata dan varians berfluktuasi konstan setiap waktu. Suatu proses $\{Z_t\}$ dapat dinyatakan stationer jika distribusi bersama dari $Z_{t_1}, Z_{t_2}, \dots, Z_{t_n}$ dengan $Z_{t_1+1}, Z_{t_2+2}, \dots, Z_{t_n+k}$ adalah sama pada setiap waktu t_1, t_2, \dots, t_n dan semua waktu pada lag k . Hal ini dapat menyebabkan nilai dari $E(Z_t) = E(Z_{t+k}) = \mu$ dan $Var(Z_t) = Var(Z_{t+k}) = \sigma^2$ pada setiap waktu t dan lag k (Cryer & Chan, 2008).

Jika plot *time series* berfluktuasi di sekitar garis yang sejajar dengan sumbu waktu (t) maka dikatakan deret stasioner dalam *mean*. Terdapat kemungkinan suatu data tidak stasioner hal ini dikarenakan *mean* tidak konstan sehingga untuk menghilangkan ketidakstasioneran terhadap *mean* maka dilakukan data tersebut menggunakan metode perbedaan atau *differencing* dalam persamaan 2.1

$$W_t = Z_t - Z_{t-1} \tag{2.1}$$

$$W_t = Z_t - BZ_t = (1 - B)^d Z_t$$

dengan W_t merupakan nilai setelah dilakukan pembedaan atau *differencing*.

Deret waktu yang tidak stationer dalam *mean*, berarti ketika data diplotkan terhadap sumbu waktu (t) maka series data membentuk *trend* tertentu terhadap garis sumbu waktu (t). Pengujian stationer terhadap *mean* dapat menggunakan *Augmented Dickey-Fuller (ADF) Test*. Jika suatu data *time series* tidak stationer pada orde nol, $I(0)$, maka stationeritas data tersebut bisa dicari melalui orde berikutnya sehingga diperoleh tingkat stationeritas pada orde ke- n (*first difference* atau $I(1)$, atau *second difference* $I(2)$, dan seterusnya). Persamaan dan pengujian *Dickey-Fuller* ditunjukkan oleh persamaan 2.2 (Gujarati, 2004):

$$\Delta Z_t = \delta Z_{t-1} + \varepsilon \quad 2.2$$

dimana,

ΔZ_t = *first difference* dari Z

δ = koefisien regresi untuk *lag* Z

ε = *error*

t = waktu

Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

$H_0 : \delta = 0$ (terdapat akar unit, variabel Z tidak stationer)

$H_1 : \delta \neq 0$ (tidak terdapat akar unit, variabel Z stationer)

Statistik uji :

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\delta}}{SE(\hat{\delta})} \quad 2.3$$

dengan $SE(\hat{\delta})$ merupakan *standart error* dari nilai taksiran δ
daerah penolakan : tolak H_0 jika $|t_{hitung}| > t_{tabel}$

Data *time series* dikatakan stationer dalam varian jika varians konstan. Apabila suatu data tidak stationer terhadap varian maka untuk mengatasi ketidakstasioneran dalam varians dapat dilakukan dengan transformasi data. Transformasi yang umum digunakan adalah transformasi *Box-Cox* (Wei, 2006) seperti dalam persamaan 2.4

$$T(Z_t) = \frac{Z_t^\lambda - 1}{\lambda} \quad 2.4$$

dengan λ adalah parameter transformasi. Nilai λ yang dipilih adalah nilai λ yang meminimumkan jumlah kuadrat residual sehingga memiliki varians yang minimum. Secara umum transformasi *Box-Cox* untuk beberapa nilai λ disajikan dalam tabel 2.1

Tabel 2.1 Tabel Transformasi *Box-Cox*

Nilai Estimasi	Transformasi
-1,0	$1/Z_t$
-0,5	$1/\sqrt{Z_t}$
0,0	$\ln Z_t$
0,5	$\sqrt{Z_t}$
1	Z_t

Sumber: (Wei, 2006)

2.1.2 *Autocorrelation Function (ACF) dan Partial Autocorrelation Function (PACF)*

Autocorrelation Function digunakan untuk menunjukkan hubungan linear antara Z_t dengan Z_{t+k} . Suatu proses stasioner $\{Z_t\}$ mempunyai nilai $E(Z_t)=\mu$ dan $\text{Var}(Z_t)=E(Z_t - \mu)^2 = \sigma^2$, dimana nilai *mean* dan *variens* tersebut adalah konstan (Wei, 2006). Persamaan dari korelasi antara Z_t dengan Z_{t+k} ditunjukkan dalam persamaan 2.5

$$\rho_k = \frac{\text{Cov}(Z_t, Z_{t+k})}{\sqrt{\text{Var}(Z_t)}\sqrt{\text{Var}(Z_{t+k})}} = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} \quad 2.5$$

dimana $\text{var}(Z_t) = \text{var}(Z_{t+k}) = \gamma_0$, γ_k adalah fungsi autokovarian dan ρ_k adalah fungsi autokorelasi sebagai fungsi dari k karena memperlihatkan kovarian dan korelasi antara Z_t dengan Z_{t+k} dari proses yang sama.

Sampel fungsi autokorelasi dituliskan pada persamaan 2.6

$$\hat{\rho}_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Z_t - \bar{Z})(Z_{t+k} - \bar{Z})}{\sum_{t=1}^n (Z_t - \bar{Z})^2} \quad 2.6$$

untuk $k = 0, 1, 2, \dots, n$ dimana $\bar{Z} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n Z_t$.

keterangan :

Z_t = nilai aktual pada waktu ke- t

k = lag

$\hat{\rho}_k$ = nilai estimasi fungsi autokorelasi lag ke- k (ACF)

Autokorelasi Parsial digunakan untuk mengukur tingkat keeratan hubungan antara pasangan data Z_t dengan Z_{t+k} setelah pengaruh variabel $Z_{t+1}, Z_{t+2}, \dots, Z_{t+k-1}$ dihilangkan terhadap Z_{t+k} (Wei, 2006). Perhitungan nilai PACF sampel lag ke- k dimulai dari menghitung $\hat{\phi}_{11} = \hat{\rho}_1$, sedangkan untuk menghitung $\hat{\phi}_{kk}$ ditunjukkan dalam persamaan 2.7

$$\phi_{kk} = \text{corr}(Z_t, Z_{t+k} | Z_{t+1}, \dots, Z_{t+k}) \quad 2.7$$

Fungsi Autokorelasi Parsial untuk sampel ditunjukkan dalam persamaan 2.8

$$\hat{\phi}_{kk} = \frac{\hat{\rho}_k - \sum_{j=1}^{k-1} \hat{\phi}_{k-1,j} \hat{\rho}_{k-j}}{1 - \sum_{j=1}^k \hat{\phi}_{k-1,j} \hat{\rho}_j} \quad 2.8$$

dimana

$$\hat{\phi}_{k,j} = \hat{\phi}_{k-1,j} - \hat{\phi}_{kk} \hat{\phi}_{k-1,k-j}, \quad j=1, \dots, k-1 \quad 2.9$$

$$\phi_{11} = \rho_1$$

2.2 Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Box-Jenkins

Metode ARIMA merupakan salah satu model yang digunakan dalam peramalan pada data *time series* yang bersifat stasioner. Tahap-tahap yang dilakukan dalam menggunakan metode ARIMA adalah sebagai berikut:

2.2.1 Identifikasi Model ARIMA

Pendugaan model ARIMA dilakukan setelah data stasioner dengan melihat pola ACF ataupun PACF. Pendugaan model dilakukan dengan memperhatikan hal-hal yang tertera dalam tabel 2.2

Tabel 2.2 Struktur ACF dan PACF pada Model ARIMA

Model	ACF	PACF
<i>Autoregressive</i> (p)	Turun eksponensial	Terpotong setelah lag-p
<i>Moving Average</i> (q)	Terpotong setelah lag-q	Turun eksponensial
<i>Autoregressive-Moving Average</i> (p,q)	Turun eksponensial	Turun eksponensial

2.2.2 Model Autoregressive (AR)

Model AR (*Autoregressive*) pada orde p menyatakan bahwa suatu model dimana pengamatan pada waktu ke- t berhubungan linier dengan pengamatan waktu sebelumnya $t-1, t-2, \dots, t-p$. Bentuk fungsi persamaan untuk model AR pada orde p ditunjukkan dalam persamaan 2.10

$$\dot{Z}_t = \phi_1 \dot{Z}_{t-1} + \dots + \phi_p \dot{Z}_{t-p} + a_t \quad 2.10$$

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

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

$$\phi_p(B) \dot{Z}_t = a_t \quad 2.11$$

dimana,

$$\dot{Z}_t = Z_t - \mu \quad 2.12$$

keterangan :

Z_t = nilai aktual pada waktu ke- t

ϕ_p = parameter *autoregressive* ke- p

a_t = nilai kesalahan pada saat t

μ = suatu konstanta

2.2.3 *Moving Average* (MA)

Model *Moving Average* (MA) digunakan untuk menjelaskan suatu fenomena bahwa suatu observasi pada waktu t dinyatakan sebagai kombinasi linier dari sejumlah eror acak. Bentuk fungsi persamaan untuk model MA order q dituliskan seperti persamaan 2.13

$$\dot{Z}_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad 2.13$$

atau bisa disederhanakan dalam persamaan 2.14

$$\dot{Z}_t = \theta_q(B) a_t \quad 2.14$$

dimana

$$\theta_q(B) = 1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q \quad 2.15$$

keterangan :

Z_t = nilai aktual pada waktu ke- t

θ_q = parameter *moving average* ke- q

a_t = nilai kesalahan pada saat t

μ = suatu konstanta

2.2.4 *Model Autoregressive Moving Average* (ARMA)

Model ARMA merupakan model gabungan antara model AR dan model MA yang kadang ditulis dengan ARMA (p, q). Bentuk fungsi model ARMA pada orde p dan q dinyatakan dalam persamaan 2.16

$$\begin{aligned}
\dot{Z}_t &= \phi_1 \dot{Z}_{t-1} + \dots + \phi_p \dot{Z}_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q} \\
\dot{Z}_t - \phi_1 \dot{Z}_{t-1} - \dots - \phi_p \dot{Z}_{t-p} &= a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q} \\
\dot{Z}_t - \phi_1 B \dot{Z}_{t-1} - \dots - \phi_p B^p \dot{Z}_{t-p} &= a_t - \theta_1 B a_{t-1} - \dots - \theta_q B^q a_{t-q} \\
(1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p) \dot{Z}_t &= (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q) a_t \\
\phi_p(B) \dot{Z}_t &= \theta_q(B) a_t \tag{2.16}
\end{aligned}$$

2.2.5 Model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

Model ARIMA merupakan model *time series* yang tidak stationer terhadap *mean* dan memerlukan proses *differencing* agar stationer. Menurut Wei (2006) persamaan ARIMA (p,d,q) dapat dituliskan seperti dalam persamaan 2.17

$$\phi_p(B)(1-B)^d Z_t = \theta_0 + \theta_q(B) a_t \tag{2.17}$$

Model ARIMA musiman dinotasikan dengan ARIMA (P,D,Q)^S dapat dituliskan seperti dalam persamaan 2.18

$$\Phi_P(B^S)(1-B^S)^D Z_t = \Theta_Q(B^S) a_t \tag{2.18}$$

Model ARIMA multiplikatif dinotasikan dengan ARIMA (p,d,q) (P,D,Q)^S yang mempunyai faktor regular dan musiman pengamatan waktu ke-*t*. Bentuk fungsi persamaan model ARIMA multiplikatif ditunjukkan dalam persamaan 2.19

$$\Phi_P(B^S) \phi_p(B)(1-B)^d (1-B^S)^D Z_t = \theta_q(B) \Theta_Q(B^S) a_t \tag{2.19}$$

dimana

B = operator *back shift*

Φ_P = parameter ke-P dari model AR musiman

Θ_Q = parameter ke-Q dari model MA musiman

$\phi_p(B)$ = $(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)$ polinomial AR orde *p*

$\theta_q(B)$ = $(1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q)$ polinomial MA orde *q*

Z_t = nilai aktual pada waktu ke-*t*

- ϕ_p = parameter ke-p dari model *autoregressive*
 θ_q = parameter ke-q dari model *moving average*
 a_t = nilai kesalahan pada saat t
 $\Phi_p(B^s) = (1 - \Phi_1 B^s - \Phi_2 B^{2s} - \dots - \Phi_p B^{ps})$ polinomial AR musiman orde p
 $\Theta_q(B^s) = (1 - \Theta_1 B^s - \Theta_2 B^{2s} - \dots - \Theta_q B^{qs})$ polinomial MA musiman orde q
 $(1 - B^s)^D$ = *differencing* musiman s dengan D adalah orde *differencing*
 $(1 - B)^d$ = *differencing* non musiman dengan d adalah orde *differencing*

2.3 Estimasi Parameter dan Pengujian Parameter

Estimasi parameter pada model ARIMA yang paling umum digunakan adalah metode *Conditional Least Square* (CLS). Metode ini dilakukan dengan cara mencari nilai parameter meminimumkan jumlah kudrat *error* atau SSE (Cryer & Chan, 2008). Misalkan untuk model AR(1), maka *least square estimation* ditunjukkan dalam persamaan 2.20

$$S(\phi, \mu) = \sum_{t=2}^n a_t^2 = \sum_{t=2}^n [(Z_t - \mu) - \phi(Z_{t-1} - \mu)]^2 \quad 2.20$$

Berdasarkan metode *least square*, taksiran ϕ dan μ dilakukan dengan meminimumkan $S(\phi, \mu)$. Oleh karena itu, perlu dilakukan penurunan terhadap ϕ dan μ kemudian disamakan dengan nol. Berikut ini merupakan operasi turunan terhadap μ ditunjukkan oleh persamaan 2.21

$$\frac{\partial S}{\partial \mu} = \sum_{t=2}^n 2[(Z_t - \mu) - \phi(Z_{t-1} - \mu)](-1 + \phi) = 0 \quad 2.21$$

Sehingga taksiran parameter μ untuk model AR(1) seperti dalam persamaan 2.22

$$\hat{\mu} = \frac{\sum_{t=2}^n Z_t - \phi_1 \sum_{t=2}^n Z_{t-1}}{(n-1)(1-\phi)} \quad 2.22$$

Sedangkan untuk n yang sangat besar, persamaan (2.22) menjadi berikut;

$$\hat{\mu} = \frac{\bar{Z} - \phi\bar{Z}}{(1-\phi)} = \bar{Z} \quad 2.23$$

Kemudian untuk parameter ϕ dengan cara yang sama didapatkan operasi turunan pada persamaan 2.24

$$\frac{\partial S}{\partial \phi} = \sum_{t=2}^n 2[(Z_t - \bar{Z}) - \phi(Z_{t-1} - \bar{Z})](Z_{t-1} + \bar{Z}) = 0 \quad 2.24$$

Sehingga taksiran parameter ϕ untuk model AR(1) ditunjukkan dalam persamaan 2.25

$$\hat{\phi} = \frac{\sum_{t=2}^n (Z_t - \bar{Z})(Z_{t-1} - \bar{Z})}{\sum_{t=2}^n (Z_{t-1} - \bar{Z})^2} \quad 2.25$$

Pengujian parameter model digunakan untuk menguji apakah suatu parameter model ARIMA layak masuk ke dalam suatu model. Apabila model yang digunakan adalah model AR maka hipotesis yang digunakan seperti yang dituliskan berikut:

$$H_0 : \phi_j = 0$$

$$H_1 : \phi_j \neq 0$$

dimana : j = 1, 2, ..., p

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\phi}_j}{se(\hat{\phi}_j)} \quad 2.26$$

Daerah penolakan : tolak H_0 jika $|t_{hitung}| > t_{\alpha/2; n-p}$,
dimana:

$se(\hat{\phi})$: standart error dari nilai taksiran $\hat{\phi}$

p : banyaknya parameter yang ditaksir

2.4 Uji Kesesuaian Model

Pemilihan model ditentukan dengan memilih model yang memiliki parameter signifikan dan memenuhi dua asumsi dasar dalam pengujian kesesuaian model yaitu residual model *White Noise* dan berdistribusi normal.

2.4.1 Uji *White Noise*

Residual bersifat *white noise* jika tidak terdapat korelasi antar residual dengan *mean* adalah nol dan varians konstan. Plot residual dapat digunakan untuk melihat apakah varians residual konstan, sedangkan untuk melihat residual bersifat *white noise* dapat dilakukan dengan melihat plot sampel ACF residualnya (Wei, 2006). Pengujian untuk melihat residual telah *white noise* dengan menggunakan hipotesis yang dituliskan sebagai berikut ;

Hipotesis:

$$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \rho_k \neq 0, \quad k = 1, 2, \dots, K$$

Statistik Uji:

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^K (n-k)^{-1} \hat{\rho}_k^2 \quad 2.27$$

keterangan:

p dan q = orde pada model ARIMA

$\hat{\rho}_k$ = nilai estimasi fungsi autokorelasi lag ke- k (ACF)

n = banyaknya data (observasi)

k = nilai *lag*

K = maksimum *lag*

Tolak H_0 jika $Q > \chi^2_{(K-p-q)}$, dimana p dan q adalah orde dari model ARIMA (p, q).

2.4.2 Uji Asumsi Kenormalan

Pengujian kenormalan distribusi salah satunya dapat dilakukan dengan menggunakan uji *Kolmogorov Smirnov*. Pengujian *Kolmogorov Smirnov* memusatkan pada dua fungsi distribusi kumulatif yaitu distribusi kumulatif yang dihipotesiskan

dan fungsi distribusi kumulatif data teramati (Daniel, 1989). Apabila $F_0(a_t)$ adalah fungsi distribusi yang dihipotesiskan (fungsi peluang kumulatif), maka hipotesis dari pengujian residual normal dapat dituliskan seperti berikut ;

$H_0 : F(a_t) = F_0(a_t)$ (Residual berdistribusi normal)

$H_1 : F(a_t) \neq F_0(a_t)$ (Residual tidak berdistribusi normal)

Statistik Uji:

$$D = \max |F(a_t) - F_0(a_t)| \quad 2.28$$

keterangan:

$F(a_t)$: nilai peluang kumulatif residual

$F_0(a_t)$: nilai peluang kumulatif dibawah H_0 $P(a < a_t)$

Tolak H_0 jika nilai D lebih besar dari $D_{1-\alpha, n}$, dimana n sebagai derajat bebasnya.

2.5 Pemilihan Model Terbaik

Pemilihan model terbaik dapat dilakukan berdasarkan RMSE (*Root Mean Square Error*) untuk data *out sample* (Wei, 2006). Perhitungan akurasi untuk data *out sample* dengan menggunakan kriteria RMSE dan sMAPE. RMSE merupakan kriteria pemilihan model terbaik berdasarkan pada hasil sisa ramalannya digunakan untuk segala satuan data. RMSE digunakan dengan tujuan supaya satuan pengukuran data tidak berubah, dapat dihitung seperti dalam persamaan 2.29

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Z_t - \hat{Z}_t)^2} \quad 2.29$$

keterangan:

n = banyaknya data (observasi)

Z_t = nilai aktual pada waktu ke- t

\hat{Z}_t = nilai ramalan pada waktu ke- t

Sedangkan *Symmetric Mean Absolute Percentage Error* (sMAPE) digunakan untuk mengetahui rata-rata harga mutlak dari persentase kesalahan tiap model. sMAPE digunakan untuk data yang mempunyai nilai besar dan dapat menghindari permasalahan

error yang besar ketika nilai aktualnya melebihi nilai ramalannya atau sebaliknya. Rumus *sMAPE* dapat dituliskan seperti dalam persamaan 2.30

$$sMAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Z_t - \hat{Z}_t|}{\frac{1}{2}(Z_t + \hat{Z}_t)} \times 100\% \quad 2.30$$

keterangan:

n = banyaknya data (observasi)

Z_t = nilai aktual pada waktu ke- t

\hat{Z}_t = nilai ramalan pada waktu ke- t

2.6 Cuaca

Cuaca adalah kondisi atmosfer secara lokal pada suatu saat tertentu. Cuaca sendiri memiliki 6 unsur didalamnya diantaranya adalah sebagai berikut.

A. Suhu Udara

Suhu udara diukur dengan *termometer*. Keadaan suhu udara sepanjang hari dapat diamati dengan *termograf*, dan kertas yang berisi catatan suhu disebut *termogram*. Catatan pada termograf dan termometer dapat menunjukkan adanya perubahan suhu udara sepanjang hari. Suhu udara didaerah dataran rendah lebih tinggi dari pada didaerah pegunungan. Demikian pula suhu udara di daerah tropis lebih tinggi dari pada didaerah sedang atau dingin (Ubay, 2015).

B. Tekanan Udara

Tekanan udara adalah kerapatan molekul udara sehingga menimbulkan tekanan ke segala arah yang disebut hidrostatis. Besarnya tekanan udara di suatu tempat berbeda-beda. Makin tinggi suatu tempat dari permukaan laut, makin rendah tekanan udaranya. Demikian pula tempat yang panas, udaranya mengembang ke atas sehingga tekanannya rendah (Ubay, 2015).

C. Kelembapan Udara

Kelembapan udara dibedakan menjadi dua, yaitu kelembapan mutlak (absolut) dan kelembapan relatif (nisbi).

Kelembapan mutlak adalah kelembapan yang menunjukkan jumlah uap air yang terkandung dalam udara. Kelembapan nisbi adalah bilangan yang menunjukkan berapa persen perbandingan antara jumlah uap air yang ada dalam udara dan jumlah air maksimum yang dapat ditampung oleh udara tersebut (Ubay, 2015).

D. Awan

Awan adalah kumpulan titik air (kristal-kristal es) di atmosfer yang terjadi karena adanya pengembunan atau pepadatan uap air setelah melampau keadaan jenuh. Bentuk awan bermacam-macam tergantung pada keadaan cuaca. Awan dibagi menjadi tiga bentuk, yaitu berlapis (stratus), berserat (cirrus), atau bertumpuk (cumulus). Awan amat tinggi biasanya berbentuk seperti asap, sedangkan awan yang rendah biasanya terbalik seperti selimut (Ubay, 2015).

E. Angin

Angin merupakan gerakan udara yang sejajar dengan permukaan bumi. Udara bergerak dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah. Gerak rata-rata dari angin di permukaan bumi merupakan sirkulasi umum dari atmosfer. Pemahaman sirkulasi umum atmosfer dapat didekati oleh pemeriksaan pola angin utama dan pemeriksaan berbagai daerah bertekanan rendah dan tinggi. Angin terjadi disebabkan oleh adanya beda tekanan. Sedangkan kecepatan angin ditunjukkan oleh kecuraman beda tekanan. Jika beda tekanan besar maka angin menjadi kencang. Sebaliknya, jika beda tekanan kecil maka angin juga melemah (Tsajono, 1999).

Menurut Francis Beaufort kecepatan angin memiliki 12 skala angin yang berbeda-beda, skala terendah adalah 0 (tenang) yang ditandai dengan hampir tidak adanya angin dan asap yang bisa membumbung lurus keatas. Skala tengahnya adalah 6 (angin kencang) dan skala terbesarnya adalah 12 (badai) (Akbar, 2014). Tingkatan skala Beaufort disajikan dalam tabel 2.3

Tabel 2.3 Skala Kecepatan Angin Beaufort

Kategori	Km/jam	Knots	Keadaan di daratan
Udara tenang	0	0	Asap bergerak secara vertikal
Angin lemah	<19	<10	Angin terasa diwajah, daun-daun berdesir, kincir bergerak oleh angin
Angin Sedang	20-29	11-16	Mengangkat debu dan menerbangkan kertas, cabang pohon kecil bergerak
Angin segar	30-39	17-21	Pohon kecil berayun, gelombang kecil terbentuk di perairan di darat
Angin kuat	40-50	22-27	Cabang besar bergerak, siulan terdengar pada kabel telepon, payung sulit digunakan
Angin ribut	51-62	28-33	Pohon-pohon bergerak, terasa sulit berjalan melawan arah angin
Angin ribut sedang	63-75	34-40	Ranting-ranting patah, semakin sulit bergerak maju
Angin ribut kuat	76-87	41-47	Kerusakan bangunan mulai muncul, atap rumah lepas, cabang yang lebih besar patah
Badai	88-102	48-55	Jarang terjadi didaratan, pohon-pohon tercabut, kerusakan bangunan cukup parah
Badai kuat	103-117	56-63	Sangat jarang terjadi, kerusakan yang menyebar

Angin Topan	>118	>64	luas
-------------	------	-----	------

2.7 Kategori Kecepatan Angin

Penggolongan kecepatan angin dibedakan menjadi beberapa kategori, diantaranya adalah kategori aman, sedang, waspada, dan badai (Utomo, 2012). Untuk keterangan pada setiap kategori akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Kategori aman kecepatan angin berkisar pada kecepatan angin maksimal 20 km/jam, kategori ini masuk dalam jenis angin lemah. Pada kategori ini semua jenis pesawat aman dan diperbolehkan untuk melakukan aktivitas penerbangan seperti pendaratan dan penerbangan.
2. Kategori sedang kecepatan angin berkisar pada kecepatan angin maksimal 30 km/jam, kategori ini masuk dalam jenis angin sedang dan segar. Pada ketegori ini jenis pesawat kecil tidak diperolehkan melakukan kegiatan penerbangan, jenis pesawat yang tidak diperbolehkan melakukan kegiatan penerbangan adalah jenis *Cessna*, *Beechcraft*, *Grumman* dan lain-lain.
3. Kategori waspada kecepatan angin berkisar pada kecepatan angin maksimal 60 km/jam, kategori ini masuk dalam jenis angin kuat. Pada ketegori ini pesawat yang diperbolehkan melakukan kegiatan penerbangan hanya jenis pesawat besar seperti *Airbus A350*, *Airbus A340*, *Airbus A380*, *Boeing 747*, *Boeing 767*, *Boeing 777*.
4. Kategori badai kecepatan angin mulai dari 60-118 km/jam, kategori ini masuk dalam jenis angin badai kuat. Pada kategori ini semua jenis pesawat dilarang melakukan kegiatan penerbangan, baik pendaratan maupun penerbangan karena sangat berbahaya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah data sekunder yang diperoleh dari BMKG Juanda Surabaya dengan unit penelitian berupa data kecepatan angin harian mulai Januari 2015 hingga Februari 2017. Surat pernyataan keaslian data dapat dilihat pada Lampiran 12. Data kecepatan angin ini akan dibagi menjadi dua yaitu data *in-sampel* dan *out-sampel*. Data *in-sampel* dimulai dari Januari tahun 2015 hingga Desember 2016, dan data *out-sampel* adalah data Januari dan Februari tahun 2017.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 3.1 dengan data yang terlampir pada Lampiran 1.

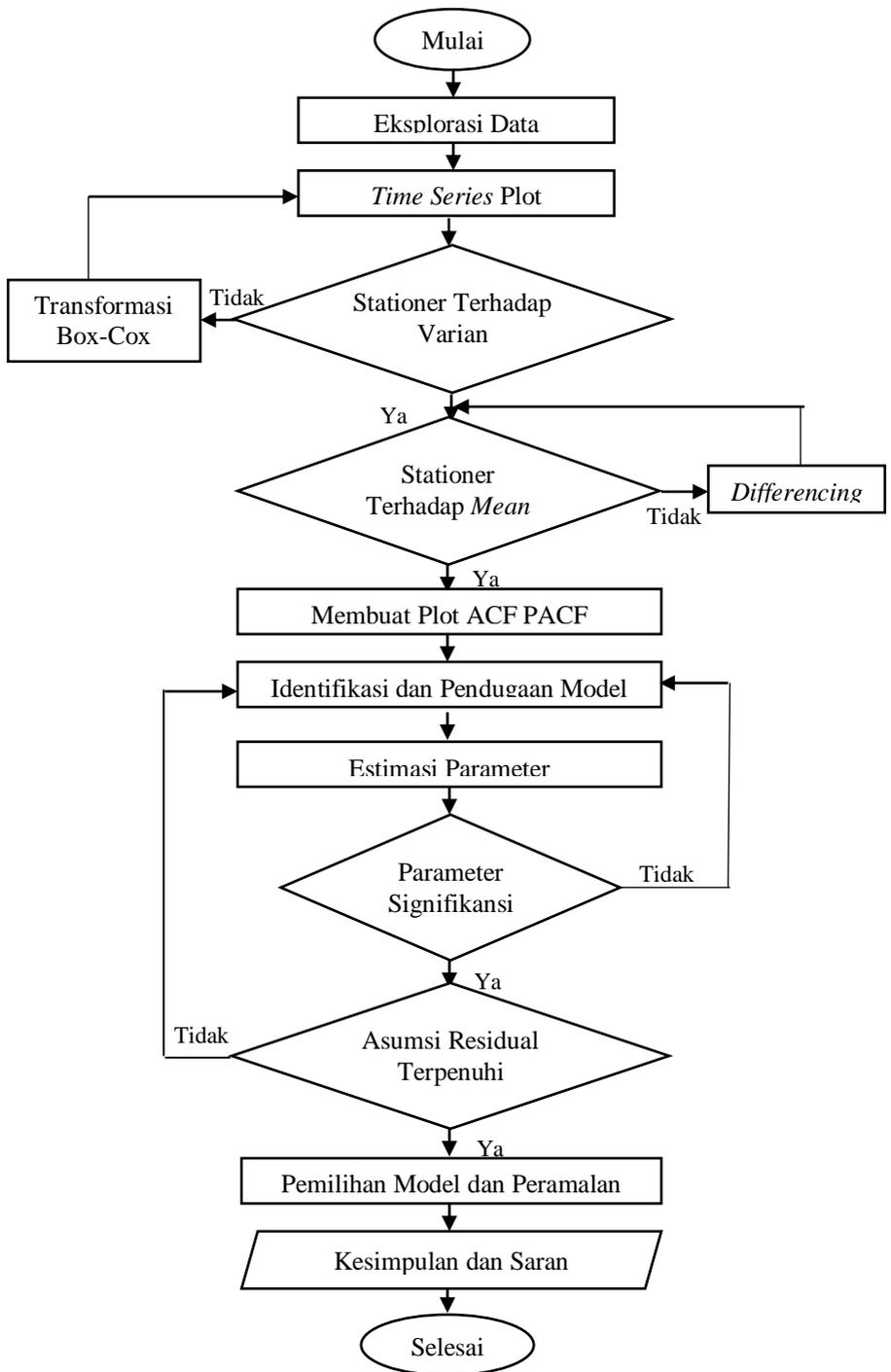
Tabel 3.1 Variabel Penelitian

Tahun	Bulan	Kecepatan Angin
2015	Januari	Z_1
		Z_2
		...
	Februari	Z_{32}
		Z_{33}
		...
...
2017	Februari	...
		Z_{790}
		Z_{791}

3.3 Langkah Analisis

Langkah-langkah yang digunakan dalam menganalisis data adalah

1. Eksplorasi data kecepatan angin di Surabaya
2. Membuat *time series* plot pada data *in-sampel* untuk melakukan identifikasi pola *time series* pada data kecepatan angin di Surabaya.
3. Melakukan identifikasi stasioneritas data, yaitu stasioner terhadap varian dan stasioner terhadap *mean*. Jika tidak stasioner terhadap varian maka akan dilakukan transformasi *Box-Cox*, dan jika tidak stasioner terhadap *mean* akan dilakukan *differencing*.
4. Membuat plot ACF dan PACF untuk melihat pola data
5. Identifikasi dan pendugaan model ARIMA berdasarkan pada plot ACF dan PACF
6. Estimasi parameter, pengujian signifikansi parameter dan pengujian asumsi residual *white noise* berdistribusi normal pada model yang terbentuk.
7. Melakukan peramalan dari data *in-sample* yang telah signifikan dan memenuhi asumsi-asumsi.
8. Menghitung akurasi setiap model yang terbentuk dan memilih model dengan akurasi terbaik.
9. Melakukan peramalan pada bulan Maret dan April 2017.
10. Menarik kesimpulan dan saran terhadap hasil analisis data.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan dilakukan analisis pada data kecepatan angin di Surabaya tahun 2015-2016. Pembahasan dimulai dari menampilkan karakteristik data kecepatan angin kemudian dilanjutkan dengan permodelan dan Prakiraan menggunakan metode ARIMA *Box-Jenkins*.

4.1 Karakteristik Kecepatan Angin di Surabaya

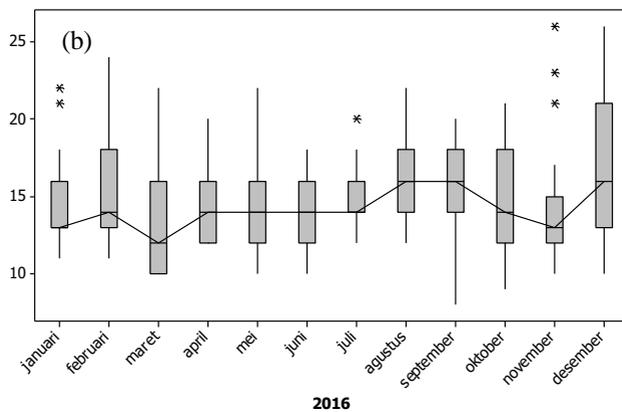
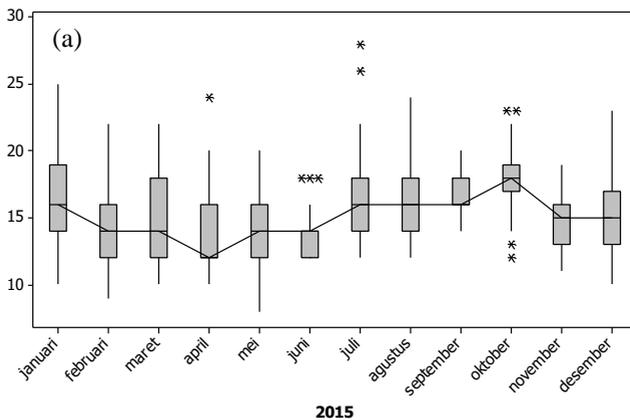
Karakteristik data kecepatan angin di Surabaya dapat dilihat menggunakan statistika deskriptif. Analisis dilakukan pada data kecepatan angin di Surabaya tahun 2015 dan 2016 yang dilanjutkan dalam tabel 4.1

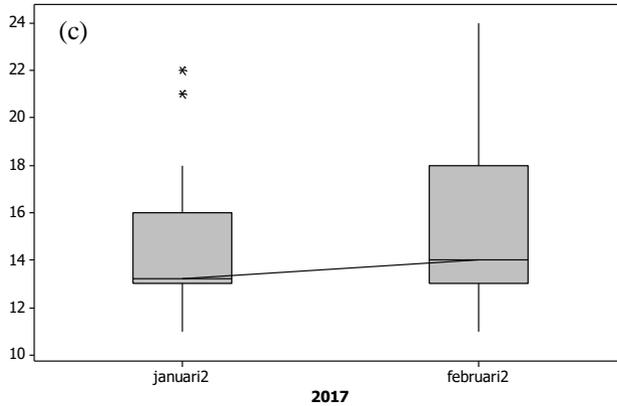
Tabel 4.1 Karakteristik Kecepatan Angin di Surabaya (km/jam)

Tahun	Median	Minimum	Maksimum
2015	16	8	28
2016	14	8	26
2017	14	11	24

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa pada tahun 2015 kecepatan angin di Surabaya lebih tinggi dibandingkan dengan tahun 2016 dapat dilihat dari nilai tengah harian tahun 2015 lebih tinggi dibandingkan 2016 dan 2017. Tahun 2015 kecepatan angin paling rendah sebesar 8 km/jam dan kecepatan angin paling tinggi sebesar 28 km/jam yang terjadi pada 12 Juli 2015 dan 50% data kecepatan angin harian berada diatas 16 km/jam. Tahun 2016 kecepatan angin paling rendah sebesar 8 km/jam dan kecepatan angin paling tinggi sebesar 26 km/jam yang terjadi pada 17 November 2016 dan 50% data kecepatan angin harian berada diatas 14 km/jam. Tahun 2017 kecepatan angin paling rendah adalah 11 km/jam dan kecepatan angin paling tinggi adalah 24 km/jam yang terjadi pada 28 Februari 2017 dan 50% data

kecepatan angin berada diatas 14 km/jam. Selain itu dapat dilihat dari *box-plot* pada setiap tahunnya yang ditunjukkan oleh gambar 4.1





Gambar 4.1 Box-plot Rata-rata Kecepatan Angin Harian di Surabaya Tahun 2015-2017

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa pada tahun 2015 kecepatan angin paling tinggi terjadi pada bulan Oktober, terdapat data *outlier* pada bulan April, Juni, Juli, dan Oktober. Tahun 2016 dalam satu tahun terdapat 3 bulan yang memiliki kecepatan angin yang tinggi yaitu pada bulan Januari, Juli, dan November. Bulan Juli 2016 pesawat Garuda Indonesia penerbangan Jember-Surabaya terlambat akibat cuaca buruk. Tahun 2017 terdapat 2 data *outlier* pada bulan Januari, pada tanggal 28 Januari 2017 terdapat 30 aktivitas penerbangan yang ditunda akibat cuaca buruk di Bandara Juanda.

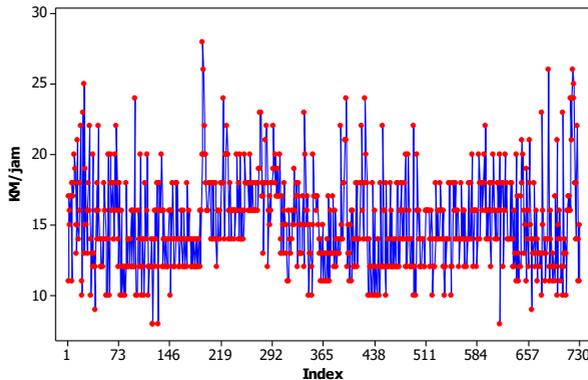
4.2 Pemodelan Kecepatan Angin di Surabaya Menggunakan ARIMA *Box-Jenkins*

Analisis ini akan dilakukan Prakiraan terhadap kecepatan angin di Surabaya. Data kecepatan angin dibagi menjadi dua yaitu data *in-sample* dan data *out-sample*, dimana data *in-sample* dimulai pada Januari 2015 hingga Desember 2016 dan data *out-sample* dimulai pada Januari-Februari 2017. Tahapan untuk mendapatkan nilai Prakiraan kecepatan angin data harus memenuhi beberapa asumsi metode ARIMA *Box-Jenkins*

diantaranya data harus stationer terhadap *mean* dan varian, kemudian melakukan estimasi dan pengujian parameter, dan cek diagnosa residual *white noise* dan berdistribusi normal, pemilihan model terbaik dan melakukan Prakiraan untuk beberapa periode selanjutnya.

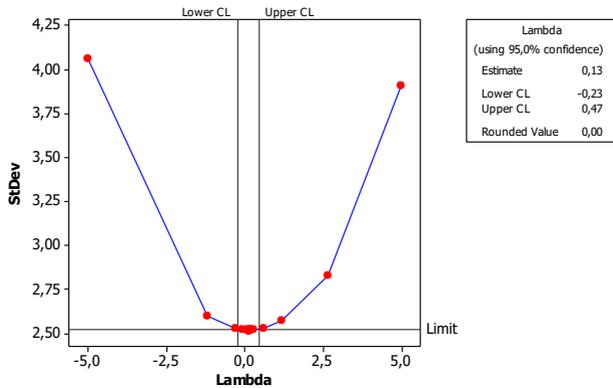
4.2.1 Identifikasi Model ARIMA *Box-Jenkins* pada Kecepatan Angin di Surabaya

Tahap identifikasi pertama yang dilakukan adalah memeriksa data kecepatan angin apakah telah stationer terhadap varian dan *mean*. Identifikasi awal dilakukan secara visual melalui plot *time series*, plot *time series* data kecepatan angin di Surabaya ditunjukkan dalam gambar 4.2



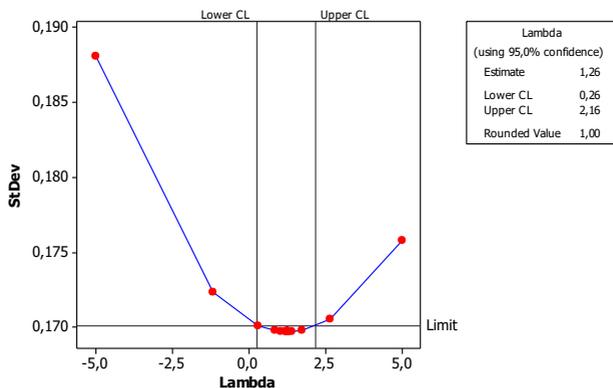
Gambar 4.2 *Time Series* Plot Kecepatan Angin di Surabaya

Gambar 4.2 menunjukkan plot data kecepatan angin perhari di Surabaya mulai Januari 2015 hingga Desember 2016 yang merupakan data *in-sample*, dapat dilihat bahwa plot cenderung konstan pada nilai 15 km/jam. Berdasarkan gambar 4.2 diketahui bahwa data memiliki fluktuasi dan secara visual dapat dikatakan bahwa data belum stationer terhadap *mean* dan varian. Data kecepatan angin yang tidak stationer terhadap varian ditunjukkan dalam pada plot antara λ dengan standar deviasi seperti pada gambar 4.3.



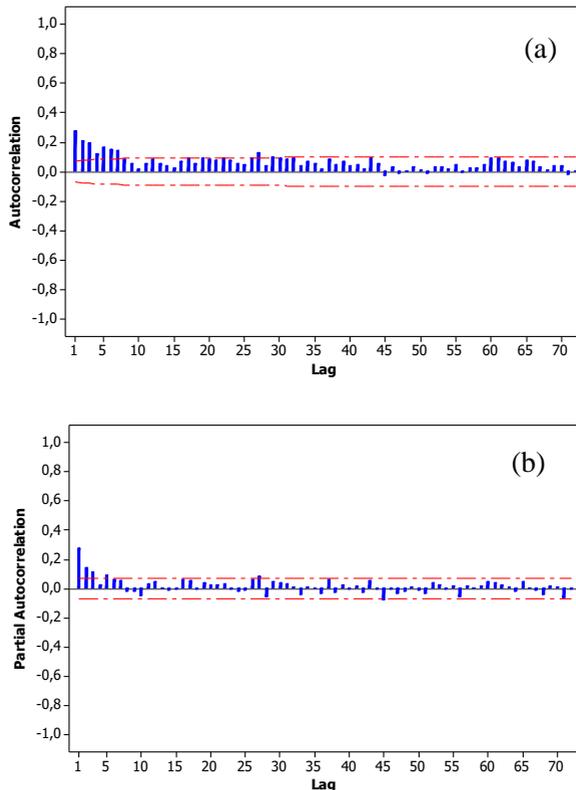
Gambar 4.3 Plot *Box-Cox* Kecepatan Angin di Surabaya

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa nilai dari λ adalah 0 dengan nilai batas bawa -0,23 dan batas atas 0,47 yang tidak melewati nilai 1 sehingga dapat dikatakan bahwa data belum stationer terhadap varian, untuk membuat data memenuhi asumsi stationer terhadap varian maka dilakukan transformasi *Box-Cox* dengan menggunakan $\text{Ln}(Z_t)$. Hasil transformasi *Box-Cox* menghasilkan $\lambda = 1$ ditunjukkan pada gambar 4.4



Gambar 4.4 Plot *Box-Cox* Transformasi Kecepatan Angin di Surabaya

Gambar 4.4 menunjukkan setelah data dilakukan transformasi dan dilihat kembali bahwa nilai λ menjadi sama dengan 1 dengan nilai batas bawah 0,26 dan batas atas 2,16 terdapat nilai 1 dalam interval batasan, sehingga dapat dikatakan bahwa data telah memenuhi asumsi stationer terhadap varian. Analisis selanjutnya menentukan kestasioneran rata-rata dengan dilihat dari plot ACF dan PACF untuk mengetahui model yang ditunjukkan oleh gambar 4.5



Gambar 4.5 Plot ACF dan PACF Kecepatan Angin di Surabaya; a. ACF, b. PACF

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa pada plot ACF turun secara lambat sehingga dapat dikatakan bahwa data belum stationer terhadap *mean*, selain dilihat secara visual menggunakan plot ACF dilakukan juga pengujian untuk mendapatkan hasil yang akurat. Pengujian stationeritas terhadap *mean* dapat dilakukan menggunakan uji *Dickey-Fuller* dengan model $\Delta Z_t = \delta Z_{t-1} + \delta_t$. Dengan menggunakan cara yang terlampir pada Lampiran 2 diperoleh hasil analisis yang tertera pada Lampiran 3. Hipotesisnya adalah sebagai berikut:

$H_0 : \delta = 0$ (Terdapat akar unit, variabel Z tidak stationer)

$H_1 : \delta \neq 0$ (Tidak terdapat akar unit, variabel Z stationer)

Taraf signifikan : $\alpha = 0,05$

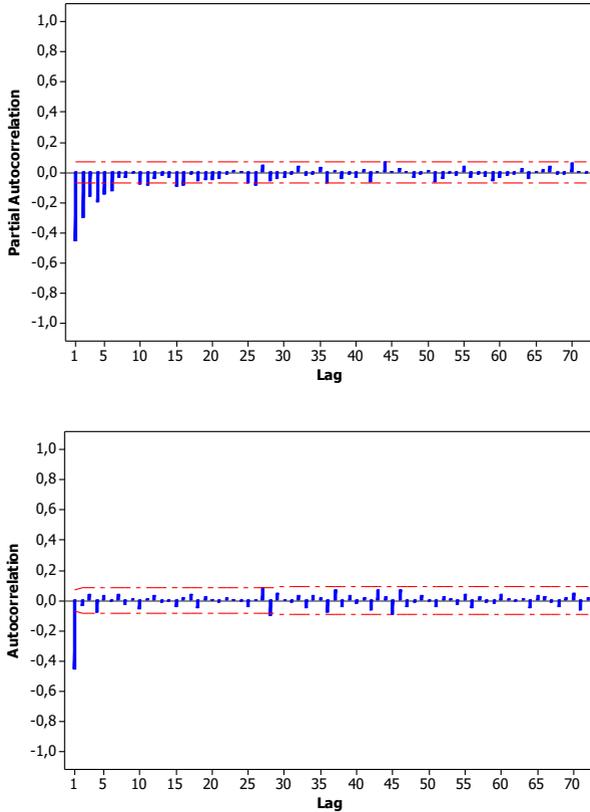
Daerah penolakan : tolak H_0 jika, $t_{hitung} > t_{tabel}$ atau $Pval < \alpha$

Statistik uji :

Tabel 4.2 Uji *Dickey-Fuller* Kecepatan Angin di Surabaya Setelah Transformasi

Variabel	df	Estimasi	SE	t-value	p-value
Kecepatan Angin	1	-0,00439	0,00347	-1,27	0,2059

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa setelah dilakukan pengujian *Dickey-Fuller* diketahui bahwa nilai t_{hitung} (1,27) lebih kecil dari nilai t_{tabel} (12,706) dan nilai Pvalue (0,2059) lebih besar dari alfa (0,05) sehingga menghasilkan keputusan gagal tolak H_0 , yang artinya data kecepatan angin tidak stationer terhadap *mean*. Data yang tidak stationer terhadap mean perlu dilakukan *differencing* agar stationer terhadap *mean*. *Differencing* dilakukan pada data yang telah di transformasi dan dianalisis plot ACF, PACF nya kembali yang ditunjukkan oleh gambar 4.6



Gambar 4.6 Lanjutan Plot ACF Kecepatan Angin di Surabaya setelah dilakukan *Differencing*

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa setelah dilakukan *differencing* pada data plot ACF *cut off* pada lag ke-1 dan plot PACF turun secara eksponensial, sehingga pendugaan model yang didapatkan adalah model *Moving Average* (MA). Data telah stationer terhadap *mean* dan stationer terhadap varian, sehingga data telah memenuhi semua asumsi dan pendugaan model yang terbentuk dari plot ACF dan PACF adalah ARIMA (0,1,1) dan ARIMA (1,1,1).

4.2.2 Pengujian Signifikansi Parameter Kecepatan Angin di Surabaya

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui apakah parameter model mempengaruhi model secara signifikan, dari analisis sebelumnya telah didapatkan pendugaan model ARIMA (0,1,1) yang terlampir pada Lampiran 4, ARIMA (1,1,1) yang terlampir pada Lampiran 5, ARIMA (6,1,1) yang terlampir pada Lampiran 6, namun parameter yang signifikan hanya ARIMA (0,1,1) dan ARIMA (1,1,1). Sehingga analisisnya adalah sebagai berikut:

Hipotesis :

$H_0 : \phi$ atau $\theta = 0$ (parameter pada model ARIMA tidak signifikan)

$H_1 : \phi$ atau $\theta \neq 0$ (parameter pada model ARIMA signifikan)

Taraf signifikan : $\alpha=0,05$

Daerah penolakan : tolak H_0 jika, $t_{hitung} > t_{tabel}$

Statistik uji :

Tabel 4.3 Signifikansi Parameter Model ARIMA Kecepatan Angin di Surabaya

Model ARIMA	Parameter	Estimasi	t-value	Keterangan
ARIMA (0,1,1)	θ_1	0,8831	51,02	Signifikan
ARIMA (1,1,1)	ϕ_1	0,1752	4,57	Signifikan
	θ_1	0,9453	85,37	Signifikan

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa pendugaan parameter model ARIMA (0,1,1) adalah signifikan artinya parameter mempunyai peran dalam pembentukan model ARIMA. Pendugaan parameter model ARIMA (1,1,1) adalah signifikan yang artinya parameternya mempunyai peran dalam pembentukan model ARIMA. Setelah dilakukan uji signifikansi parameter selanjutnya adalah cek diagnosa.

4.2.3 Pemeriksaan Diagnosa

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui apakah residual memenuhi asumsi *white noise* dengan hipotesis :

$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$ (residual tidak saling berkorelasi)

$H_1 : \text{minimal ada satu } \rho_k \neq 0$ (residual saling berkorelasi)

Taraf signifikan : $\alpha = 0,05$

Daerah penolakan : tolak H_0 jika, $\chi^2_{hitung} > \chi^2_{tabel}$ atau Pvalue $< \alpha$

Statistik uji :

Tabel 4.4 Residual *White Noise* Model ARIMA Kecepatan Angin di Surabaya

Model ARIMA	lag	Chi-square	Pvalue	white noise
ARIMA (0,1,1)	12	33,9	0,000	Tidak
	24	45,5	0,003	Tidak
	36	56,6	0,012	Tidak
	48	70,7	0,014	Tidak
ARIMA (1,1,1)	12	17,7	0,060	Ya
	24	24,7	0,310	Ya
	36	37,6	0,306	Ya
	48	53,5	0,209	Ya

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa pada pendugaan model ARIMA (0,1,1) yang terlampir pada Lampiran 4, pada semua *lag* memiliki keputusan tolak H_0 sehingga pendugaan model ARIMA (0,1,1) tidak memenuhi asumsi residual *white noise*. Pendugaan Model ARIMA (1,1,1) yang terlampir pada Lampiran 5, pada semua *lag* memiliki keputusan gagal tolak H_0 yang artinya model telah memenuhi residual *white noise*. Cek diagnosa selain *white noise* juga dilakukan pengujian residual berdistribusi normal dengan hipotesis :

H_0 : residual kecepatan angin berdistribusi normal

H_1 : residual kecepatan angin tidak berdistribusi normal

Taraf signifikan : $\alpha=0,05$

Daerah penolakan : tolak H_0 jika, $KS_{hitung} > KS_{tabel}$ (0,049) atau Pvalue $< \alpha$

Statistik uji :

Tabel 4.5 Uji Residual Berdistribusi Normal Kecepatan Angin di Surabaya

Model ARIMA	KS	Pvalue	Berdistribusi Normal
ARIMA (0,1,1)	0,023	$>0,15$	Normal
ARIMA (1,1,1)	0,025	$>0,15$	Normal

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa pada pengujian residual berdistribusi normal pada pendugaan model ARIMA (0,1,1) yang terlampir pada Lampiran 11 nilai KS_{hitung} (0,023) lebih kecil dibandingkan dengan KS_{tabel} (0,049) dan nilai $Pvalue$ ($>0,15$) lebih besar dari alfa (0,05) sehingga menghasilkan keputusan gagal tolak H_0 yang artinya residual model ARIMA (0,1,1) berdistribusi normal. Pendugaan Model ARIMA (1,1,1) yang terlampir pada Lampiran 11 memiliki nilai KS_{hitung} (0,025) lebih kecil dari KS_{tabel} (0,049) yang menghasilkan keputusan gagal tolak H_0 , artinya residual mode ARIMA (1,1,1) berdistribusi normal. Setelah dilakukan uji distribusi normal dan model terbaik yang terpilih adalah ARIMA (1,1,1)

4.2.4 Pemilihan Model Terbaik

Kriteria dalam pemilih model terbaik adalah memilih model yang memiliki nilai *error* paling kecil, sehingga berdasarkan pendugaan model yang diperoleh yaitu ARIMA (0,1,1) dan ARIMA (1,1,1) memiliki nilai error yang ditunjukkan dalam tabel 4.6

Tabel 4.6 Error Dugaan Model ARIMA

Model ARIMA	RMSE	SMAPE
ARIMA (0,1,1)	0,0408	0,2003
ARIMA (1,1,1)	0,0400	0,1909

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa dugaan model ARIMA (0,1,1) memiliki nilai RMSE (0,0408) yang terlampir pada Lampiran 4 lebih besar dibandingkan dengan nilai RMSE (0,0400) dari model ARIMA (1,1,1) yang terlampir pada Lampiran 5. Sedangkan nilai SMAPE (0,2003) dari ARIMA (0,1,1) yang terlampir pada Lampiran 8 lebih besar dari nilai SMAPE (0,1909) dari ARIMA (1,1,1) yang terlampir pada Lampiran 7, sehingga dapat dikatakan bahwa model yang terpilih untuk melakukan Prakiraan kecepatan angin di Surabaya adalah model ARIMA (1,1,1) karena telah memenuhi semua asumsi dan memiliki nilai MSE dan MAPE paling kecil dibandingkan dengan model lain.

4.3 Prakiraan Kecepatan Angin di Surabaya

Setelah dilakukan identifikasi model untuk menentukan model yang terpilih agar dapat dilakukan prakiraan dan analisis lebih lanjut, telah terpilih model ARIMA (1,1,1) dengan persamaan model ARIMA yang terbentuk adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \phi_p(B)(1-B)^d \dot{Z}_t &= \theta_q(B)a_t \\ (1-\phi_1 B)(1-B)\dot{Z}_t &= (1-\theta_1 B)a_t \\ (1-B-\phi_1 B+\phi_1 B^2)\dot{Z}_t &= a_t - \theta_1 B a_t \\ \dot{Z}_t - B\dot{Z}_t - \phi_1 B\dot{Z}_t + \phi_1 B^2\dot{Z}_t &= a_t - \theta_1 B a_t \\ \dot{Z}_t &= B\dot{Z}_t + \phi_1 B\dot{Z}_t - \phi_1 B^2\dot{Z}_t + a_t - \theta_1 B a_t \\ Z_t &= Z_{t-1} + \phi_1 Z_{t-1} - \phi_1 Z_{t-2} + a_t - \theta_1 a_{t-1} \\ Z_t &= (1+\phi_1)Z_{t-1} - \phi_1 Z_{t-2} + a_t - \theta_1 a_{t-1} \\ Z_t &= Z_{t-1} + 0,1752Z_{t-1} - 0,1752Z_{t-2} + a_t - 0,9453a_{t-1} \\ Z_t &= 1,1752Z_{t-1} - 0,1752Z_{t-2} + a_t - 0,9453a_{t-1} \end{aligned}$$

Pada perhitungan *in sample* berdasarkan persamaan diatas ditunjukkan pada Lampiran 9 lalu data di eksponensialkan untuk mengembalikan data asli yang terlampir pada lampiran 10 diketahui bahwa hasil prakiraan masuk dalam intervalnya. Dari persamaan diatas maka diperoleh nilai Prakiraan kecepatan angin di Surabaya pada bulan Maret dan April 2017 yang ditunjukkan oleh tabel 4.7 dan 4.8

Tabel 4.7 Prakiraan Kecepatan Angin di Surabaya Bulan Maret 2017

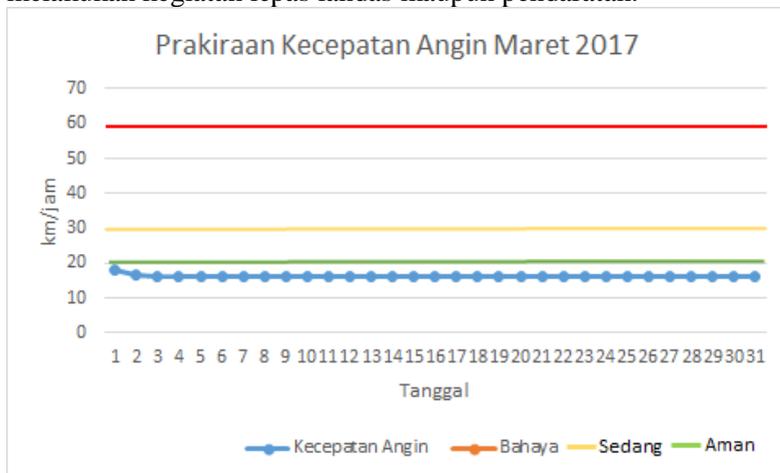
Maret 2017			
Tanggal	Batas Bawah	Kecepatan Angin	Batas Atas
1	11,805	17,826	23,847
2	10,224	16,456	22,688
3	9,888	16,152	22,416
4	9,808	16,085	22,362

5	9,782	16,070	22,358
6	9,769	16,067	22,364
7	9,759	16,066	22,373
8	9,749	16,066	22,383
9	9,739	16,066	22,392
10	9,729	16,066	22,402
11	9,720	16,066	22,411
12	9,710	16,066	22,421
13	9,701	16,066	22,431
14	9,691	16,066	22,440
15	9,682	16,066	22,450
16	9,672	16,066	22,459
17	9,663	16,066	22,469
18	9,653	16,066	22,478
19	9,644	16,066	22,488
20	9,634	16,066	22,497
21	9,625	16,066	22,507
22	9,615	16,066	22,516
23	9,606	16,066	22,526
24	9,596	16,066	22,535
25	9,587	16,066	22,544
26	9,578	16,066	22,554
27	9,568	16,066	22,563
28	9,559	16,066	22,572
29	9,549	16,066	22,582
30	9,540	16,066	22,591
31	9,531	16,066	22,600

Tabel 4.7 menunjukkan bahwa pada perkiraan kecepatan angin di Surabaya pada bulan Maret 2017, tanggal 1 Maret 2017

adalah perkiraan kecepatan angin paling tinggi yaitu 17,826 km/jam yang berada dalam interval 11,8047 km/jam hingga 23,847 km/jam.

Penggolongan kecepatan angin dibedakan menjadi beberapa kategori, pada kategori pertama yaitu kategori aman, kecepatan angin berkisar pada 20 km/jam, pada kategori ini semua jenis pesawat diperbolehkan dan aman melakukan kegiatan lepas landas maupun pendaratan. Kategori kedua yaitu kategori sedang, batas maksimum kecepatan anginnya adalah 30 km/jam, pada kategori ini pesawat kecil tidak boleh melakukan pendaratan maupun lepas landas. Kategori ke tiga yaitu kategori waspada, kecepatan angin maksimum berada pada 60 km/jam, pada kategori ini pesawat yang aman dan diperbolehkan melakukan lepas landas maupun pendaratan adalah jenis pesawat *Boeing*. Apabila kecepatan angin melebihi 60 km/jam maka masuk kategori bahaya, dimana semua jenis pesawat tidak diperbolehkan melakukan kegiatan lepas landas maupun pendaratan.



Gambar 4.7 Prakiraan Kecepatan Angin di Surabaya bulan Maret 2017

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa prakiraan kecepatan angin di Surabaya bulan Maret 2017 masuk dalam kategori aman karena prakiraan kecepatan angin pada bulan Maret 2017 berada

dibawah 20 km/jam. Sehingga pada bulan Maret 2017 diperkirakan segala jenis pesawat dapat melakukan kegiatan penerbangan dengan lancar dan aman.

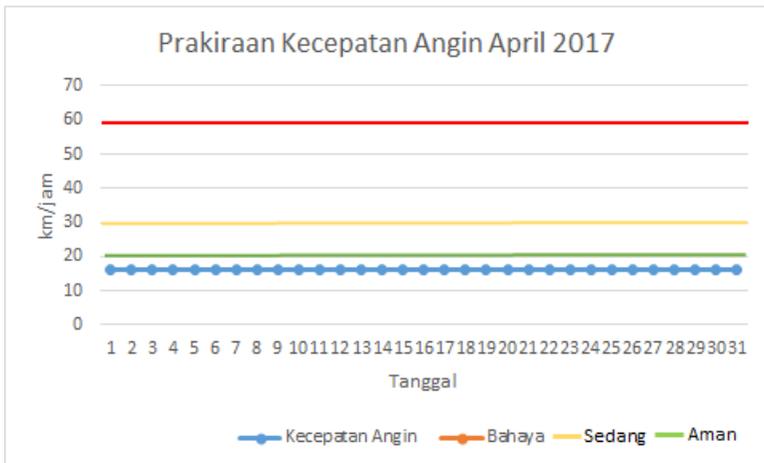
Prakiraan kecepatan angin pada bulan April 2017 menggunakan model ARIMA (1,1,1) diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4.8 Prakiraan Kecepatan Angin di Surabaya Bulan April 2017

April 2017			
Tanggal	Batas Bawah	Kecepatan Angin	Batas Atas
1	9,521	16,066	22,610
2	9,512	16,066	22,619
3	9,503	16,066	22,628
4	9,494	16,066	22,638
5	9,484	16,066	22,647
6	9,475	16,066	22,656
7	9,466	16,066	22,665
8	9,457	16,066	22,675
9	9,447	16,066	22,684
10	9,438	16,066	22,693
11	9,429	16,066	22,702
12	9,420	16,066	22,711
13	9,411	16,066	22,721
14	9,402	16,066	22,730
15	9,392	16,066	22,739
16	9,383	16,066	22,748
17	9,374	16,066	22,757
18	9,365	16,066	22,766
19	9,356	16,066	22,775
20	9,347	16,066	22,784
21	9,338	16,066	22,793

22	9,329	16,066	22,802
23	9,320	16,066	22,811
24	9,311	16,066	22,820
25	9,302	16,066	22,829
26	9,293	16,066	22,838
27	9,284	16,066	22,847
28	9,275	16,066	22,856
29	9,266	16,066	22,865
30	9,257	16,066	22,874

Tabel 4.8 menunjukkan bahwa perkiraan kecepatan angin di Surabaya pada bulan April 2017 yang paling tinggi adalah pada 30 April dengan kecepatan angin 16,066 km/jam yang berada dalam interval 9,257 km/jam hingga 22,874 km/jam.



Gambar 4.8 Prakiraan Kecepatan Angin di Surabaya Bulan April 2017

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa prakiraan kecepatan angin di Surabaya pada bulan April 2017 berkisar pada 16 km/jam. Berdasarkan pengkategorian kecepatan angin maka prakiraan kecepatan angin bulan April 2017 yang masuk dalam kategori aman, sehingga pada bulan April 2017 segala jenis

pesawat diperbolehkan melakukan kegiatan penerbangan lepas landas maupun pendaratan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data diatas dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Rata-rata kecepatan angin tahun 2015 lebih tinggi dibandingkan dengan tahun 2016 dan 2017. Pada tahun 2015 kecepatan angin paling tinggi terjadi pada 12 Juli 2015. Tahun 2016 kecepatan angin paling tinggi terjadi pada 17 November 2016. Tahun 2017 kecepatan angin paling tinggi terjadi pada 28 Januari 2017. Pada tahun 2015 terdapat data *outlier* pada bulan April, Juni, Juli, dan Oktober. Tahun 2016 terdapat data *outlier* pada bulan Januari, Juli, dan November. Tahun 2017 terdapat data *outlier* pada bulan Januari.
2. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, didapatkan 2 dugaan model yaitu ARIMA (0,1,1) dan ARIMA (1,1,1). Model ARIMA (0,1,1) tidak memenuhi asumsi *white noise* namun residual berdistribusi normal dan parameternya signifikan dengan nilai *error* RMSE (0,0408) dan SMAPE (0,2003). Model ARIMA (1,1,1) parameternya signifikan, residualnya *white noise* dan berdistribusi normal, nilai RMSE (0,0400) dan SMAPE (0,1909) paling kecil. Model kecepatan angin yang terpilih adalah ARIMA (1,1,1).
3. Hasil peramalan yang telah dilakukan kecepatan angin paling tinggi adalah 17,826 km/jam yang diperkirakan terjadi pada tanggal 1 Maret 2017. Pada bulan Maret dan April 2017 aman dilakukan kegiatan penerbangan karena kecepatan angin berada dalam kategori aman yaitu berada di sekitar 20 km/jam.

5.2 Saran

Bagi maskapai penerbangan diharapkan agar selalu memberikan informasi terkait kecepatan angin karena menyangkut keamanan dan keselamatan pengguna pesawat. Kecepatan angin dipengaruhi oleh tekanan udara sehingga pada penelitian selanjutnya disarankan untuk menambah variabel tekanan udara, menggunakan metode lain yang lebih informatif dan menambah data agar hasil peramalan dapat lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, B. H. (2014). Retrieved from *Skala Beaufort*: <http://nautica46bha.blogspot.co.id/2014/10/skala-beaufort-skala-ini-dirancang-pada.html>
- Cryer, J. D., & Chan, K. S. (2008). *Time Series Analysis with Application in R*. New York: Springer.
- Daniel, W. W. (1989). *Statistika Non Parametrik*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Fajerial, E. (2016). Retrieved from *Jawa Timur Cuaca Ektrim, Daerah Ini Diminta Waspada*: <https://m.tempo.co/read/news/2016/09/27/058807547/jawa-timur-cuaca-ekstrim-daerah-ini-diminta-waspada-bencana>
- Gujarati, Damodar. (2004). *Basic Econometrics*, Edisi 4. New York: The McGraw-Hill Companies.
- Kabarjatim. (2017). Retrieved from *Bad Weather Some Flights Disrupted at Juanda Airport*: <http://www.kabarjatim.com/2017/01/cuaca-buruk-sejumlah-penerbangan.html>
- Maswir, B. I. (2013). Retrieved from *Penerbangan Bagi Indo dan Ilmu Seputar Dunia Penerbangan*: <http://boniepku.blogspot.co.id/2013/10/cuaca-penerbangan-3.html>
- Soerjadi. (2010). Retrieved from *Manfaat dan Bahaya Cuaca dalam Penerbangan*: <http://pustakacuaca.blogspot.co.id/2010/08/manfaat-dan-bahaya-cuaca-dalam.html>
- Syahputra, A. (2017). Retrieved from *Pesawat Garuda Tergelincir Saat Mendarat di Yogya*: <http://nasional.kini.co.id/2017/02/01/20383/pesawat-garuda-tergelincir-saat-mendarat-di-yogya>
- Tayyib, M. (2014). *Pemodelan Kecepatan Angin di Perairan Pulau Bawean dengan Menggunakan Fungsi Transfer*.
- Tsajono, B. (1999). *Klimatologi Umum*. Bandung: ITB Bandung.

- Ubay. (2015). *Unsur-Unsur Cuaca dan Iklim*:
<http://www.seputarpendidikan.com/2015/12/unsur-unsur-cuaca-dan-iklim-lengkap-penjelasan.html>
- Utomo, Yunanto Wiji. (2012) *Mengenal Kategori Badai*:
<http://sains.kompas.com/read/2012/10/30/17562382/Mengenal.Kategori.Badai>
- Wei, W. W. (2006). *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods*. Canada: Addison Wesley Publishing Company.

Lampiran 2. Syntax Stationer Mean

```
data industri;
input y;
datalines;

2.39789527279837
2.833213344
2.772588722
2.708050201
2.833213344
...
...
...
...
3.091042453
2.397895273
2.63905733
2.708050201
2.397895273
;
data industri;
set industri;
y1=lag1(y);
yd=y-y1;
run;
proc reg data=industri;
model yd=y1/noint;
run;
```

Lampiran 3. Hasil Pengujian *Dickey-Fuller* Stationer pada *Mean*

Variable	DF	Parameter	Estimates		t Value	Pr > t
		Estimate	Error			
y1	1	-0.00439	0.00347	-1.27	0.2059	

Lampiran 4. *Output* Model ARIMA (0,1,1)

```
Final Estimates of Parameters
Type      Coef  SE Coef      T      P
MA   1  0,8831  0,0173  51,02  0,000

Differencing: 1 regular difference
Number of observations: Original series 731,
after differencing 730
Residuals:    SS = 29,7353 (backforecasts
excluded)

                MS = 0,0408  DF = 729

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square
statistic
Lag           12      24      36      48
Chi-Square    33,9   45,5   56,6   70,7
DF            11     23     35     47
P-Value       0,000  0,003  0,012  0,014
```

Lampiran 5. *Output* Model ARIMA (1,1,1)

```
Final Estimates of Parameters
Type      Coef  SE Coef      T      P
AR   1  0,1752  0,0383   4,57  0,000
MA   1  0,9453  0,0111  85,37  0,000

Differencing: 1 regular difference
Number of observations: Original series 731,
after differencing 730
Residuals:    SS = 29,0908 (backforecasts
excluded)

                MS = 0,0400  DF = 728

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square
statistic
Lag           12      24      36      48
Chi-Square    17,7   24,7   37,6   53,5
DF            10     22     34     46
P-Value       0,060  0,310  0,306  0,209
```

Lampiran 6. Output Model ARIMA (6,1,1)

Standard Parameter	Estimate	Approx		
		Error	t Value	Pr > t
MA1,1	0.96465	0.01428	67.56	<.0001
AR1,1	0.19727	0.04008	4.92	<.0001
AR1,2	0.09185	0.03976	2.31	0.0212
AR1,3	0.08287	0.03939	2.10	0.0357
AR1,4	-0.01576	0.03935	-0.40	0.6889
AR1,5	0.06507	0.03947	1.65	0.0996
AR1,6	0.05040	0.03902	1.29	0.1969

Lampiran 7. Perhitungan Manual Error ARIMA (1,1,1)

no	forecast	aktual	MAPE	
1	14,76087	13	0,135452	11,45603
2	15,54117	13	0,195475	0,190934
3	15,68204	11	0,42564	
4	15,70685	11	0,427895	
5	15,7112	13	0,208554	
6	15,71196	14	0,122283	
7	15,71209	11	0,428372	
8	15,71212	17	0,075758	
9	15,71212	11	0,428375	
10	15,71212	16	0,017992	
11	15,71212	13	0,208625	
12	15,71212	13	0,208625	
13	15,71212	13	0,208625	
14	15,71212	17	0,075758	
15	15,71212	12	0,309343	
16	15,71212	13	0,208625	
17	15,71212	16	0,017992	
18	15,71212	14	0,122294	
19	15,71212	12	0,309343	

20	15,71212	13,2	0,190312	
21	15,71212	14	0,122294	
22	15,71212	13	0,208625	
23	15,71212	13	0,208625	
24	15,71212	14	0,122294	
25	15,71212	22	0,285813	
26	15,71212	15	0,047475	
27	15,71212	14	0,122294	
28	15,71212	14	0,122294	
29	15,71212	18	0,127104	
30	15,71212	18	0,127104	
31	15,71212	21	0,251804	
32	15,71212	21	0,251804	
33	15,71212	24	0,345328	
34	15,71212	12	0,309343	
35	15,71212	13	0,208625	
36	15,71212	15	0,047475	
37	15,71212	13	0,208625	
38	15,71212	11	0,428375	
39	15,71212	15	0,047475	
40	15,71212	16	0,017992	
41	15,71212	11	0,428375	
42	15,71212	16	0,017992	
43	15,71212	12	0,309343	
44	15,71212	14	0,122294	
45	15,71212	12	0,309343	
46	15,71212	18	0,127104	
47	15,71212	14	0,122294	
48	15,71212	18	0,127104	

49	15,71212	12	0,309343	
50	15,71212	14	0,122294	
51	15,71212	14	0,122294	
52	15,71212	14	0,122294	
53	15,71212	18	0,127104	
54	15,71212	18	0,127104	
55	15,71212	22	0,285813	
56	15,71212	16	0,017992	
57	15,71212	14	0,122294	
58	15,71212	18	0,127104	
59	15,71212	18	0,127104	
60	15,71212	24	0,345328	

Lampiran 8. Perhitungan Manual Error Model ARIMA (0,1,1)

no	forecast	aktual	MAPE	
1	15,96429	13	0,228022	12,01984
2	15,96429	13	0,228022	0,200331
3	15,96429	11	0,451299	
4	15,96429	11	0,451299	
5	15,96429	13	0,228022	
6	15,96429	14	0,140306	
7	15,96429	11	0,451299	
8	15,96429	17	0,060924	
9	15,96429	11	0,451299	
10	15,96429	16	0,002232	
11	15,96429	13	0,228022	
12	15,96429	13	0,228022	
13	15,96429	13	0,228022	

14	15,96429	17	0,060924	
15	15,96429	12	0,330358	
16	15,96429	13	0,228022	
17	15,96429	16	0,002232	
18	15,96429	14	0,140306	
19	15,96429	12	0,330358	
20	15,96429	13,2	0,209416	
21	15,96429	14	0,140306	
22	15,96429	13	0,228022	
23	15,96429	13	0,228022	
24	15,96429	14	0,140306	
25	15,96429	22	0,27435	
26	15,96429	15	0,064286	
27	15,96429	14	0,140306	
28	15,96429	14	0,140306	
29	15,96429	18	0,113095	
30	15,96429	18	0,113095	
31	15,96429	21	0,239796	
32	15,96429	21	0,239796	
33	15,96429	24	0,334821	
34	15,96429	12	0,330358	
35	15,96429	13	0,228022	
36	15,96429	15	0,064286	
37	15,96429	13	0,228022	
38	15,96429	11	0,451299	
39	15,96429	15	0,064286	
40	15,96429	16	0,002232	
41	15,96429	11	0,451299	
42	15,96429	16	0,002232	

43	15,96429	12	0,330358	
44	15,96429	14	0,140306	
45	15,96429	12	0,330358	
46	15,96429	18	0,113095	
47	15,96429	14	0,140306	
48	15,96429	18	0,113095	
49	15,96429	12	0,330358	
50	15,96429	14	0,140306	
51	15,96429	14	0,140306	
52	15,96429	14	0,140306	
53	15,96429	18	0,113095	
54	15,96429	18	0,113095	
55	15,96429	22	0,27435	
56	15,96429	16	0,002232	
57	15,96429	14	0,140306	
58	15,96429	18	0,113095	
59	15,96429	18	0,113095	
60	15,96429	24	0,334821	

Lampiran 9. *Output Insample ARIMA (1,1,1)*

Data transformasi Ln (Z_t) menghasilkan peramalan sebagai berikut:

tanggal	BB	Kecepatan Angin	BA
1	2,300	2,692	3,084
2	2,341	2,743	3,146
3	2,349	2,753	3,156
4	2,349	2,754	3,159
5	2,349	2,754	3,160
6	2,348	2,754	3,161

7	2,347	2,754	3,162
8	2,346	2,754	3,163
9	2,345	2,754	3,163
10	2,345	2,754	3,164
11	2,344	2,754	3,165
12	2,343	2,754	3,166
13	2,342	2,754	3,167
14	2,341	2,754	3,167
15	2,341	2,754	3,168
16	2,340	2,754	3,169
17	2,339	2,754	3,170
18	2,338	2,754	3,171
19	2,337	2,754	3,172
20	2,337	2,754	3,172
21	2,336	2,754	3,173
22	2,335	2,754	3,174
23	2,334	2,754	3,175
24	2,333	2,754	3,176
25	2,332	2,754	3,176
26	2,332	2,754	3,177
27	2,331	2,754	3,178
28	2,330	2,754	3,179
29	2,329	2,754	3,180
30	2,329	2,754	3,180
31	2,328	2,754	3,181
32	2,327	2,754	3,182
33	2,326	2,754	3,183
34	2,325	2,754	3,184
35	2,325	2,754	3,184

36	2,324	2,754	3,185
37	2,323	2,754	3,186
38	2,322	2,754	3,187
39	2,321	2,754	3,187
40	2,321	2,754	3,188
41	2,320	2,754	3,189
42	2,319	2,754	3,190
43	2,318	2,754	3,191
44	2,318	2,754	3,191
45	2,317	2,754	3,192
46	2,316	2,754	3,193
47	2,315	2,754	3,194
48	2,314	2,754	3,194
49	2,314	2,754	3,195
50	2,313	2,754	3,196
51	2,312	2,754	3,197
52	2,311	2,754	3,197
53	2,311	2,754	3,198
54	2,310	2,754	3,199
55	2,309	2,754	3,200
56	2,308	2,754	3,200
57	2,308	2,754	3,201
58	2,307	2,754	3,202
59	2,306	2,754	3,203
60	2,305	2,754	3,203

Lampiran 10. *Output Insample* ARIMA (1,1,1) Setelah di Eksponeensialkan

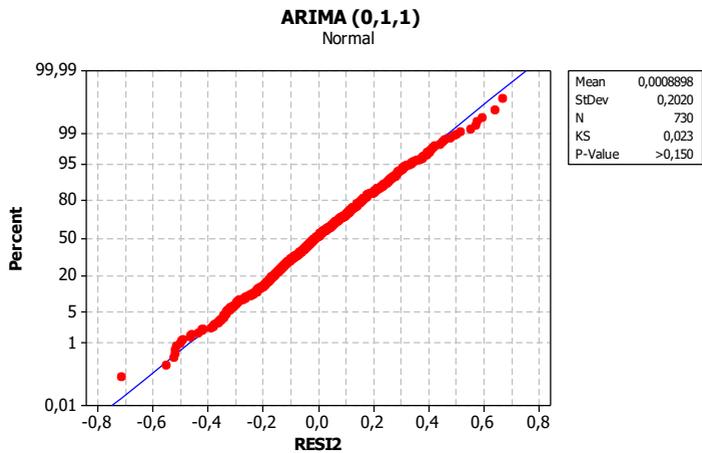
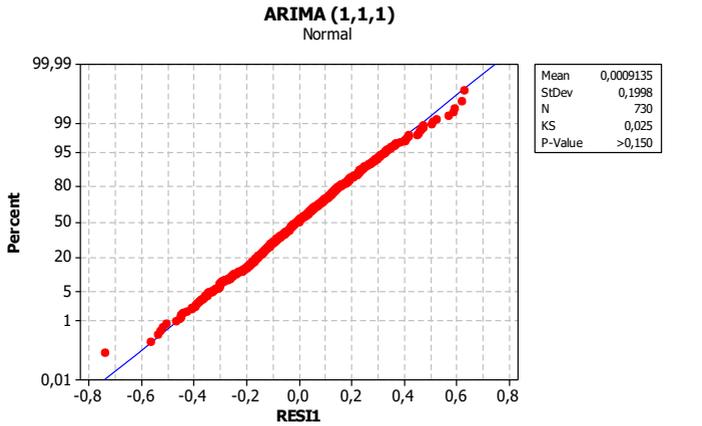
Kemudian mengembalikan satuan data dengan cara eksponeensial(Z_t) dengan hasil sebagai berikut:

tanggal	BB	Kecepatan Angin	BA	Aktual
1	9,975	14,761	21,843	13
2	10,396	15,541	23,233	13
3	10,472	15,682	23,484	11
4	10,478	15,707	23,544	11
5	10,472	15,711	23,571	13
6	10,464	15,712	23,592	14
7	10,456	15,712	23,611	11
8	10,447	15,712	23,631	17
9	10,438	15,712	23,651	11
10	10,430	15,712	23,670	16
11	10,421	15,712	23,689	13
12	10,413	15,712	23,709	13
13	10,404	15,712	23,728	13
14	10,396	15,712	23,748	17
15	10,387	15,712	23,767	12
16	10,379	15,712	23,786	13
17	10,370	15,712	23,806	16
18	10,362	15,712	23,825	14
19	10,353	15,712	23,844	12
20	10,345	15,712	23,864	13,2
21	10,337	15,712	23,883	14
22	10,328	15,712	23,902	13
23	10,320	15,712	23,921	13
24	10,312	15,712	23,941	14

25	10,304	15,712	23,960	22
26	10,295	15,712	23,979	15
27	10,287	15,712	23,998	14
28	10,279	15,712	24,017	14
29	10,271	15,712	24,036	18
30	10,263	15,712	24,055	18
31	10,255	15,712	24,074	21
32	10,246	15,712	24,093	21
33	10,238	15,712	24,112	24
34	10,230	15,712	24,131	12
35	10,222	15,712	24,150	13
36	10,214	15,712	24,169	15
37	10,206	15,712	24,188	13
38	10,198	15,712	24,207	11
39	10,190	15,712	24,226	15
40	10,182	15,712	24,245	16
41	10,175	15,712	24,264	11
42	10,167	15,712	24,282	16
43	10,159	15,712	24,301	12
44	10,151	15,712	24,320	14
45	10,143	15,712	24,339	12
46	10,135	15,712	24,357	18
47	10,128	15,712	24,376	14
48	10,120	15,712	24,395	18
49	10,112	15,712	24,414	12
50	10,104	15,712	24,432	14
51	10,097	15,712	24,451	14
52	10,089	15,712	24,470	14
53	10,081	15,712	24,488	18

54	10,074	15,712	24,507	18
55	10,066	15,712	24,525	22
56	10,058	15,712	24,544	16
57	10,051	15,712	24,562	14
58	10,043	15,712	24,581	18
59	10,036	15,712	24,599	18
60	10,028	15,712	24,618	24

Lampiran 11. Hasil Uji *Kolmogorov Smirnov*



Lampiran 12. Surat Pernyataan Keaslian Data Tugas Akhir

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, mahasiswa Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS :

Nama : Ilma Tamarina Arba

NRP : 1314 030 094

Menyatakan bahwa data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini merupakan data sekunder yang diambil dari ~~Penelitian/Duka/Tugas Akhir/Thesis/Publikasi *~~ yaitu

Sumber : Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Juanda Surabaya

Keterangan : Data kecepatan angin harian mulai Januari 2015 hingga Februari 2017

Surat Pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya. Apabila terdapat pemalsuan data, maka saya siap menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Mengetahui,

Kepala Seksi Data dan Informasi,



(Taufiq Hermawan, ST, MT)
NIP. 19750209 199603 1 001

Surabaya, 7.-Juni-2017

Yang Membuat Pernyataan,



(Ilma Tamarina Arba)
NRP. 1314 030 094

Mengetahui,

Dosen Pembimbing Tugas Akhir,



(Dr. Brodjol Satijo, S.U., M.Si)
NIP. 19660125 199002 1 001

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Ilma Tamarina Arba yang kerap dipanggil Ilma. Penulis dilahirkan di Sidoarjo, 27 Januari 1996 sebagai anak ragil dari empat bersaudara dari pasangan suami istri, Sulkan Syafi'i dan Nur Hendah. Penulis tinggal dengan orang tua di Sidoarjo dan telah menempuh pendidikan formal dimulai dari SD Muhammadiyah 1&2 Taman (2002-2008), SMP Negeri 22 Surabaya (2008-2011), dan SMA Negeri 15 Surabaya (2011-2014). Setelah lulus dari SMA, penulis melanjutkan studinya di Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS Surabaya

yang juga merupakan keluarga besar "*PIONEER*". Pada tahun pertama penulis ingin memulai untuk aktif dalam kegiatan yang mengembangkan *soft skill* dengan mengikuti kegiatan kepanitiaan. Pada tahun 2015 pernah mengikuti kepanitiaan GERIGI 2015 sebagai OC. Pada tahun kedua penulis terdaftar menjadi Staff Departemen Hubungan Luar HIMADATA-ITS Periode 2015/2016 dan pada tahun ketiga penulis melanjutkan berkegiatan di himpunan dan menjadi Ketua Departemen Hubungan Luar HIMADATA-ITS Periode 2016/2017. Jika ada keperluan atau ingin berdiskusi dengan penulis dapat menghubungi melalui *e-mail* ilmatamarina@gmail.com.