

Peramalan Suhu Udara Jangka Pendek di Kota Banda Aceh dengan Metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

Samsul Anwar

Program Studi Statistika, Fakultas MIPA, Universitas Syiah Kuala

Corresponding Author: samsul.anwar@unsyiah.ac.id

Abstrak – Seiring perkembangan zaman, tingkat kebutuhan akan data dan informasi mengenai cuaca menjadi semakin tinggi. Informasi cuaca tersebut digunakan oleh Pemerintah, pihak swasta maupun masyarakat umum untuk berbagai keperluan. Di Indonesia, Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) adalah lembaga resmi yang menyediakan dan mendistribusikan informasi cuaca. Kebutuhan akan penyediaan dan pelayanan data cuaca yang semakin meningkat, menuntut BMKG untuk dapat menyiapkan dan memberikan data secara cepat, akurat dan tepat. Dengan demikian, dibutuhkan pengembangan metode dan cara baru dalam upaya penyediaan data dibidang ini. Peramalan keadaan cuaca yang akurat merupakan salah satu solusi dalam upaya penyediaan data cuaca. Jenis peramalan cuaca yang biasa dilakukan adalah jenis peramalan jangka pendek. Suhu udara merupakan salah satu unsur penting yang menggambarkan keadaan cuaca disuatu wilayah. Informasi suhu udara harian yang disediakan BMKG biasanya berupa suhu udara minimum dan suhu udara maksimum. Salah satu metode yang dapat diandalkan dalam peramalan cuaca jangka pendek adalah metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) yang sangat cocok untuk data yang tidak stasioner. Dimana data unsur cuaca pada umumnya bersifat tidak stasioner. Model ARIMA terbaik untuk meramalkan suhu udara harian di Kota Banda Aceh adalah model ARIMA (0,2,5) untuk suhu udara minimum dan model ARIMA (0,2,3) untuk meramalkan suhu udara maksimum. Berdasarkan hasil peramalan dengan kedua model ARIMA tersebut, diketahui bahwa suhu minimum Kota Banda Aceh pada bulan Desember 2016 diperkirakan berkisar antara 23 – 24°C, dengan interval kepercayaan 95% akan berada antara 22 - 26°C. Sedangkan untuk suhu udara maksimum, nilai peramalan suhu udara maksimum di Kota Banda Aceh diperkirakan berkisar pada suhu 32°C dengan selang kepercayaan 95% akan berada diantara 28 - 36°C. Ketepatan dan keakuratan hasil peramalan akan semakin meningkat apabila jumlah periode yang akan diramalkan semakin diperkecil. Copyright © 2017 Department of Mechanical Engineering. All rights reserved.

Keywords: BMKG, Cuaca, Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA), Stasioner, Suhu Udara Minimum dan Maksimum.

1 Pendahuluan

Informasi mengenai keadaan cuaca dan iklim merupakan hal yang sangat penting bagi banyak pihak. Pihak-pihak yang memanfaatkan informasi keadaan cuaca antara lain pemerintah, swasta dan kelompok masyarakat umum lainnya. Informasi tersebut digunakan untuk berbagai kepentingan misalnya sebagai bahan pendukung perencanaan pembangunan, mulai dari sektor transportasi, pertanian, perekonomian sampai dengan sektor kesehatan lain sebagainya. Di Indonesia, Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) merupakan badan resmi yang bertugas untuk menyediakan dan mendistribusikan data keadaan cuaca kepada para pihak yang membutuhkan data tersebut.

Saat ini kebutuhan akan informasi cuaca sudah semakin meningkat, seiring dengan semakin banyaknya pihak yang menggunakan dan memanfaatkan informasi tersebut. Oleh karena itu, BMKG dituntut untuk dapat memberikan informasi yang cepat, akurat dan tepat. Dengan demikian, perkembangan ilmu pengetahuan dalam upaya menjawab tantangan tersebut menjadi semakin penting. Dibutuhkan metode-metode baru yang dapat mengakomodasi kebutuhan akan informasi cuaca yang semakin kompleks tersebut. Peramalan keadaan cuaca merupakan salah satu solusi yang bisa dipakai dalam upaya memecahkan masalah penyediaan data tersebut. Peramalan yang baik harus memiliki nilai akurasi dan presisi yang tinggi. Melakukan peramalan

dengan tingkat akurasi dan presisi yang tinggi merupakan pekerjaan yang tidak mudah. Disamping itu, peneliti juga dituntut untuk memahami sifat-sifat atmosfer atau dinamika atmosfer, dan diperlukan pengalaman dan keberanian dalam membuat keputusan suatu prakiraan [1].

Salah satu unsur cuaca yang sangat penting adalah suhu udara. Suhu udara dalam kurun waktu beberapa dekade belakangan ini terus mengalami peningkatan. Hal ini merupakan salah satu indikator yang menunjukkan adanya fenomena perubahan iklim di sekitar kita. Perubahan iklim tersebut akan mempengaruhi banyak hal, mulai dari permasalahan lingkungan, kesehatan, hingga perencanaan pembangunan. Oleh karena itu, pengembangan metode peramalan cuaca merupakan masalah penting yang perlu untuk diperhatikan. Peramalan cuaca dapat berupa peramalan jangka pendek maupun peramalan jangka panjang. Peramalan suhu udara dalam jangka pendek memiliki peranan yang semakin penting sejalan dengan semakin meningkatnya permintaan akan informasi cuaca secara cepat. Data mengenai cuaca pada umumnya bersifat tidak stasioner. Oleh karena itu, salah satu metode yang dapat digunakan untuk peramalan suhu udara jangka pendek adalah metode time series Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA).

2 Kajian Literatur

2.1. Cuaca Dan Suhu

Menurut kamus bahasa Indonesia, cuaca adalah keadaan udara pada suatu tempat tertentu dengan jangka waktu yang terbatas [2]. Beberapa unsur penting dari keadaan cuaca antara lain: suhu udara, tekanan udara, kelembaban udara, curah hujan, lama penyinaran dan unsur-unsur lainnya. Cuaca merupakan kondisi atmosfer dalam jangka pendek dalam suatu wilayah yang relatif kecil, sedangkan iklim adalah keadaan cuaca dalam jangka panjang dalam wilayah yang lebih luas. Dengan demikian, perubahan iklim sangat bergantung pada perubahan cuaca dalam jangka yang panjang di area yang relatif luas. Data cuaca direkam secara rutin melalui stasiun-stasiun pengamatan cuaca milik BMKG. Data tersebut direkam dalam interval waktu tertentu, misalnya per-jam, per-hari maupun dalam interval waktu lainnya. Suhu udara merupakan salah satu unsur yang sangat penting dari keadaan cuaca. Suhu udara dalam suatu wilayah biasanya diukur dalam dua kondisi atau keadaan, suhu udara minimum dan suhu udara maksimum. Suhu udara minimum adalah suatu keadaan dimana suhu udara pada suatu wilayah berada pada titik terendah dalam interval waktu tertentu, biasanya dalam interval satu hari. Sedangkan suhu udara maksimum adalah keadaan dimana suhu udara di wilayah tertentu berada pada titik tertinggi pada hari yang bersangkutan.

2.2. Peramalan Runtun Waktu (Time Series) ARIMA

Analisis runtun waktu (*time series*) adalah sebuah metode statistik yang dipakai untuk menemukan pola data dimasa lalu yang dapat digunakan untuk meramalkan pola data dimasa yang akan datang. Salah satu asumsi penting yang harus dipenuhi dalam pemodelan data *time series* adalah stasioneritas. Suatu data *time series* dikatakan bersifat stasioner apabila data tersebut memiliki nilai rata-rata yang konstan dan tidak tergantung pada unsur waktu t , serta memiliki nilai fungsi autokovarian pada waktu t dan s yang hanya bergantung melalui nilai absolut jarak antar kedua waktu tersebut [3]. Secara umum, hal ini menunjukkan bahwa struktur data *time series* pada proses yang stasioner tidak dipengaruhi oleh waktu. Apabila asumsi stasioneritas belum dipenuhi, maka data *time series* tersebut perlu untuk distasionerkan dengan cara dilakukan *differencing* pada datanya. *Differencing* adalah proses transformasi data dengan cara mengambil nilai selisih antar d buah periode peramalan, biasanya dinotasikan dengan *difference* orde d . Proses *differencing* ini akan membuat data *time series* menjadi stasioner. *Differencing* order pertama untuk data *time series* y_1, y_2, \dots, y_n adalah: $z_t = y_t - y_{t-1}$, untuk $t = 2, \dots, n$. *Differencing* order kedua diperlukan apabila *difference* order pertama masih belum stasioner. Demikian selanjutnya dilakukan *difference* dengan order yang lebih tinggi sampai diperoleh kondisi data yang stasioner.

Untuk data stasioner *time series* z_t, z_{t+1}, \dots, z_n , fungsi *autokorelasi* sampel pada lag ke- h , didefinisikan sebagai: $\rho(h) = \frac{\gamma(t+h,t)}{\sqrt{\gamma(t+h,t)\gamma(t,t)}} = \frac{\gamma(h)}{\gamma(0)}$, dimana $\gamma(h) = \text{cov}(z_{t+h}, z_t) = E[(z_{t+h} - \mu)(z_t - \mu)]$. Dengan catatan $-1 \leq \rho(h) \leq 1$ untuk semua h . Sebagai tambahan, nilai ACF dapat digunakan untuk mendeteksi stasioneritas data *time series*. Sedangkan fungsi *autokorelasi parsial* untuk data stasioner *time series* z_t, z_{t+1}, \dots, z_n , ϕ_{hh} , untuk $h=1,2,\dots$, adalah $\phi_{11} = \text{corr}(z_{t+1}, z_t) = \rho(1)$, dan $\phi_{hh} = \text{corr}(z_{t+h} - \hat{z}_{t+h}, z_t - \hat{z}_t), h \geq 2$, dimana nilai $(z_{t+h} - \hat{z}_{t+h})$ dan $(z_t - \hat{z}_t)$ tidak berkorelasi dengan nilai $\{z_{t+1}, \dots, z_{t+h-1}\}$.

Model *time series Moving Average* order q , $MA(q)$, didefinisikan sebagai:

$z_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q}$, dimana a_t adalah *Gaussian white noise* dengan nilai rata-rata nol dan varian σ_a^2 , sedangkan θ_j adalah parameter yang tidak diketahui nilainya. Model $MA(q)$ juga bisa ditulis dalam persamaan matematis: $z_t = a_t(1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_p B^p)$ atau sama dengan $z_t = a_t \theta(B)$, dimana $\theta(B)$ adalah operator *moving average*, $\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_p B^p$, dan B adalah operator *Backshift*, $B a_t = a_{t-1}, B^2 a_t = a_{t-2}, \dots, B^p a_t = a_{t-p}$.

Model *time series Autoregressive* order p , $AR(p)$, didefinisikan sebagai:

$z_t = \delta + \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + \dots + \phi_p z_{t-p} + a_t$, untuk nilai rata-rata z_t tidak sama dengan nol. Dimana a_t adalah *Gaussian white noise* dengan nilai rata-rata nol dan varian σ_a^2 . Sedangkan θ_j adalah parameter yang tidak diketahui nilainya, dan $\delta = \mu(1 - \phi_1 - \phi_2 - \dots - \phi_p)$.

Namun jika rata-rata z_t bernilai nol, maka model $AR(p)$ diatas dapat ditulis dalam persamaan sebagai berikut: $z_t = \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + \dots + \phi_p z_{t-p} + a_t$. Selain itu juga dapat ditulis dalam persamaan: $(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)z_t = a_t$ atau sama dengan $\phi(B)z_t = a_t$, dimana $\phi(B)$ adalah operator *autoregressive*, $\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$, dan B adalah operator *Backshift*, $Bz_t = z_{t-1}$, $B^2 z_t = z_{t-2}$, ..., $B^p z_t = z_{t-p}$ [3].

Autoregressive Integrated Moving Average, $ARIMA(p,d,q)$ adalah sebuah model peramalan data *time series* non-stasioner yang telah distasionerkan melalui proses *differencing* pada order d . Selain itu, model ini juga terdiri dari dua buah komponen model *time series*, yaitu model *Autoregressive* order p dan model *Moving Average* order q . Model *time series ARIMA* yang tidak mempunyai bagian *Moving Average* juga bisa ditulis sebagai model $ARI(p,d)$, sedangkan model *time series ARIMA* yang tidak memiliki bagian *Autoregressive* juga bisa ditulis sebagai model $IMA(d,q)$.

Model $ARIMA(p,d,q)$ secara umum ditulis dalam persamaan matematis sebagai berikut:

$\phi(B)(1 - B)^d z_t = \theta(B)a_t$, untuk kondisi $E(\nabla^d z_t) = 0$, $\nabla^d z_t = (1 - B)^d z_t$. Dimana $\phi(B)$ adalah operator *autoregressive* model $AR(p)$ dan $\theta(B)$ adalah operator *moving average* model $MA(q)$. Sedangkan jika nilai $E(\nabla^d z_t) = \mu$, maka model $ARIMA(p,d,q)$ dapat ditulis dalam persamaan matematis: $\phi(B)(1 - B)^d z_t = \delta + \theta(B)a_t$, dengan $\delta = \mu(1 - \phi_1 - \dots - \phi_p)$ [3].

Proses identifikasi model *time series* melalui pengamatan pola data pada masa lampau merupakan langkah penting dalam proses peramalan. Proses identifikasi tersebut dapat dilakukan melalui penilaian terhadap plot *Autocorrelation Function (ACF)* dan *Partial Autocorrelation Function (PACF)* dari data *time series*. Berdasarkan plot ACF dan $PACF$ tersebut, dapat diperkirakan model *time series* yang diharapkan dapat memberikan hasil peramalan dengan residual/error yang kecil. Fungsi *autokorelasi* dapat memberikan gambaran awal model *Moving Average (MA)*, sedangkan fungsi *autokorelasi parsial (PACF)* memberikan gambaran awal model *Autoregressive (AR)* [4]. Petunjuk identifikasi model tersebut dapat dilihat secara mendetail pada Lampiran 1.

Model $ARIMA$ yang baik adalah model yang memiliki nilai AIC (*Aikake Information Criterion*) yang minimal. Nilai AIC diformulasikan sebagai $AIC = 2k - 2\text{Log}(L_k)$,

dimana k adalah jumlah parameter yang diestimasi didalam model, dan L_k adalah nilai maksimum dari fungsi *likelihood* model peramalan [3]. Selain itu, dalam melihat kinerja dari suatu model peramalan, nilai $RMSE$ (*Root Mean Square Error*) dapat menjadi kriteria dalam menentukan model peramalan mana yang memberikan tingkat kesalahan yang kecil. Model peramalan yang baik adalah model peramalan yang memiliki nilai $RMSE$ yang paling kecil. $RMSE$ diformulasikan sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n e_i^2 / n}, \text{ dimana } e_t \text{ adalah nilai}$$

residual/error pada periode waktu t yang merupakan selisih antara nilai aktual dengan nilai peramalan pada periode waktu t tersebut. Sedangkan n adalah jumlah pengamatan yang dipakai dalam memodelkan data [5].

3 Metode Penelitian

Data yang dipakai dalam penelitian ini adalah jenis data sekunder. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari pihak lain, dalam hal ini adalah data dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Data yang diambil adalah data suhu udara minimum dan suhu udara maksimum di Kota Banda Aceh yang diukur melalui Stasiun Meteorologi Sultan Iskandar Muda [6]. Data yang diambil tersebut merupakan data harian, mulai dari tanggal 1 Januari 2010 sampai dengan tanggal 30 Nopember 2016, atau dengan kata lain terdapat 2.320 buah data suhu udara harian yang digunakan dalam penelitian ini. Diantara keseluruhan data yang dipakai tersebut, terdapat beberapa data yang nilainya *missing* sehingga nilai data tersebut digantikan dengan nilai tengah/*median* dari keseluruhan data lainnya. *Missing* data tersebut mungkin saja disebabkan oleh faktor kerusakan mesin, *human error*, maupun karena unsur lainnya. Metode statistik yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode peramalan *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)*. Tujuan penggunaan metode ini adalah untuk meramalkan keadaan suhu udara minimum dan maksimum harian di Kota Banda Aceh yang mungkin terjadi dimasa yang akan datang. Peramalan tersebut dilakukan hanya untuk jangka pendek, yaitu selama satu bulan (31 hari). Peramalan untuk jangka yang lebih panjang bisa dilakukan dengan memperbaharui data suhu udara dan kemudian melakukan peramalan ulang, atau bisa juga dengan menggunakan metode peramalan lainnya yang lebih cocok untuk peramalan jangka panjang. Pengolahan data dengan metode $ARIMA$ menggunakan *software R versi 3.2.2 windows* dengan *package tseries* [7] dan *forecast* [8].

4 Hasil dan Pembahasan

4.1. Eksplorasi Data

Eksplorasi data dapat memberikan gambaran awal mengenai objek penelitian, dimana akan diketahui kecenderungan data, nilai terendah maupun tertinggi, besarnya penyimpangan (deviasi) yang terjadi dalam data serta nilai-nilai statistik penting lainnya yang dapat menggambarkan keadaan data secara umum. Statistik deskriptif untuk data suhu udara minimum dan maksimum diberikan pada Tabel 4.1. Berdasarkan tabel tersebut, diketahui bahwa jumlah data yang digunakan dalam proses peramalan ini adalah sebanyak 2.320 data harian, dengan nilai terendah pada kategori suhu udara harian minimum adalah sebesar $15,60^{\circ}\text{C}$ dan suhu teringginya adalah sebesar $28,20^{\circ}\text{C}$, dengan rata-rata suhu udara minimum sebesar $23,06^{\circ}\text{C}$. Sementara untuk kategori suhu udara harian maksimum, data terendah yang tercatat selama kurun waktu 6 tahun adalah sebesar $22,60^{\circ}\text{C}$ dan suhu tertinggi sebesar $38,20^{\circ}\text{C}$ dengan rata-rata suhu sebesar $32,55^{\circ}\text{C}$. Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa selama periode waktu dari bulan Januari 2010 sampai dengan bulan Nopember 2016, rata-rata suhu udara harian di Kota Banda Aceh berkisar antara $23,06^{\circ}\text{C}$ sampai dengan $32,55^{\circ}\text{C}$.

Tabel 4.1. Statistik deskriptif suhu udara di Kota Banda Aceh

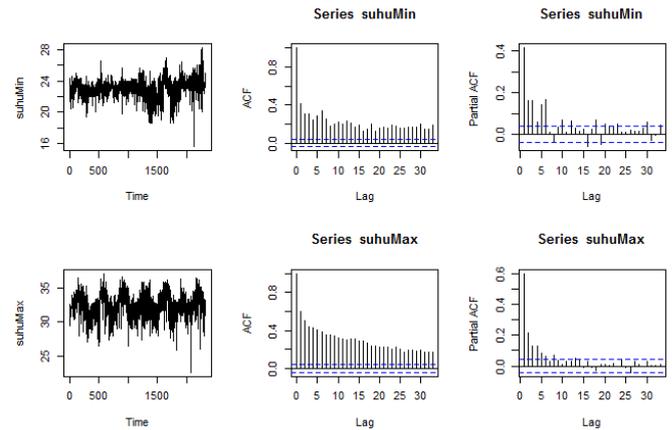
Statistik Deskriptif	Suhu Udara Minimum ($^{\circ}\text{C}$)	Suhu Udara Maksimum ($^{\circ}\text{C}$)
Jumlah Data	2.320	2.320
Range	12,60	14,60
Nilai Terendah	15,60	22,60
Nilai Tertinggi	28,20	37,20
Mean	23,06	32,55
Std. Deviasi	1,11	1,68

Sumber: BMKG tahun 2016, diolah

4.2. Peramalan model ARIMA

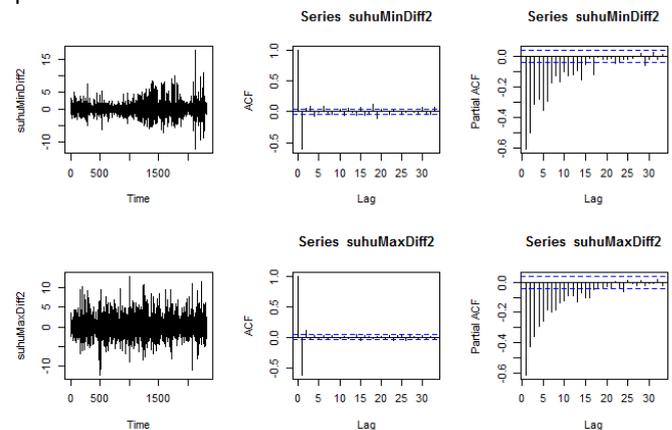
4.2.1. Stasioneritas Data

Plot data awal, *Autocorrelation Function* (ACF) dan *Partial Autocorrelation Function* (PACF) untuk masing-masing suhu udara minimum dan suhu udara maksimum diberikan pada Gambar 4.1. Suhu udara minimum digambarkan pada baris pertama, sedangkan suhu udara maksimum digambarkan pada baris kedua dalam Gambar 4.1 tersebut. Plot ACF bisa digunakan sebagai alat untuk mendeteksi apakah data awal stasioner atau tidak. Apabila plot ACF menunjukkan nilai autokorelasi pada setiap *lag* menurun secara lambat dan berada diluar interval nilai standar errornya (garis putus-putus biru), maka bisa diidentifikasi bahwa data awal tersebut tidak stasioner sehingga perlu dilakukan *differencing* data.



Gambar 4.1 Plot data, ACF dan PACF dari data awal

Berdasarkan pertimbangan kriteria tersebut, dan dengan melihat plot ACF untuk masing-masing suhu udara pada Gambar 4.1, dapat disimpulkan bahwa data awal suhu udara minimum dan suhu udara maksimum tidak stasioner. Sehingga perlu dilakukan *differencing* pada kedua data tersebut. Untuk mencapai kondisi stasioner, data suhu udara minimum dan maksimum harus melalui *differencing* dengan order 2 yaitu melakukan *differencing* pada data yang telah dilakukan *differencing* pada order pertama sebelumnya. Plot data setelah *differencing* order 2 beserta plot ACF dan PACF untuk kedua variabel suhu udara tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Plot data, ACF dan PACF setelah *difference* order 2

4.2.2. Identifikasi Model Time Series ARIMA

Selain untuk mendeteksi stasioneritas data, plot ACF dan PACF dari data yang telah stasioner juga bisa digunakan untuk melakukan identifikasi model ARIMA. Dimana plot ACF digunakan untuk menentukan model MA (*moving average*) dan plot PACF digunakan untuk menentukan model *Autocorrelation* (AR). Proses identifikasi model *time series* melalui plot ACF dan PACF secara lebih detail bisa dilihat pada *Lampiran 1*. Dengan melihat plot ACF dan PACF untuk data suhu udara minimum, diketahui bahwa nilai autokorelasi suhu udara minimum pada plot ACF terpotong setelah *lag* ke-5,

sedangkan nilai autokorelasi parsial pada plot *PACF* menurun secara eksponensial. Dengan demikian, model *time series* yang cocok untuk data suhu udara minimum adalah model *ARIMA(0,2,5)*, atau bisa juga disebut dengan model *Integrated Moving Average, IMA(2,5)*, dimana angka 2 adalah order *differencing* dan angka 5 adalah order dari model *MA*. Sementara itu, plot *ACF*

untuk data suhu maksimum menunjukkan bahwa nilai autokorelasinya terpotong pada *lag* ke 3, sedangkan nilai autokorelasi parsial pada plot *PACF* juga menurun secara eksponensial seperti yang terjadi pada suhu udara minimum. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa model *ARIMA* yang paling cocok untuk suhu udara maksimum adalah model *ARIMA(0,2,3)* atau bisa juga ditulis dalam model *IMA(2,3)*.

4.2.3. Estimasi Parameter Model

Data suhu udara minimum dan maksimum selanjutnya digunakan untuk mengestimasi nilai parameter dari masing-masing model yang telah diidentifikasi pada tahap sebelumnya. Dimana peramalan suhu udara minimum menggunakan model *ARIMA(0,2,5)*, sedangkan peramalan suhu udara maksimum menggunakan model *ARIMA(0,2,3)*. Seperti yang telah dibahas sebelumnya, model *ARIMA* yang baik adalah model yang memiliki nilai *AIC* dan *RMSE* yang minimum. Nilai estimasi parameter, nilai *standard error* model, nilai *AIC* dan *RMSE* untuk masing-masing data suhu udara minimum dan maksimum ditampilkan pada Tabel 4.2. Berdasarkan tabel tersebut, diketahui bahwa untuk data suhu udara minimum, model *ARIMA (0,2,5)* memberikan 5 buah parameter model *MA* dengan *differencing* order 2 yaitu *MA(1)*, *MA(2)*, *MA(3)*, *MA(4)* dan *MA(5)* dengan koefisien parameter masing-masing sebesar -1.7139, 0.5755, 0.1564, -0.0851 dan 0.0672. Model tersebut memiliki nilai *AIC* dan *RMSE* masing-masing sebesar 6460.34 dan 0.969. Sedangkan untuk suhu udara maksimum, model *ARIMA(0,2,3)* memberikan 3 buah parameter model *MA* dengan *differencing* order 2 yaitu *MA(1)*, *MA(2)* dan *MA(3)* dengan koefisien parameter masing-masing sebesar -1.5954, 0.4188 dan 0.1766. Nilai *AIC* dan *RMSE* untuk model *ARIMA(0,2,3)* ini adalah sebesar 7776.92 dan 1.289. Dengan demikian, terlihat bahwa nilai *AIC* dan *RMSE* model *ARIMA(0,2,5)* lebih kecil dari pada nilai *AIC* dan *RMSE* model *ARIMA(0,2,3)*. Akan tetapi, kedua model ini tidak relevan untuk diperbandingkan karena kedua model tersebut diestimasi dari data yang berbeda, yaitu dari data suhu udara minimum dan suhu udara maksimum.

Tabel 4.2 Estimasi model *ARIMA*

Variabel	Model	Komponen	Koef	S.E	AIC	RMSE
Suhu Udara Minimum	<i>ARIMA (0,2,5)</i>	<i>MA(1)</i>	-1.7139	0.0212	6460.34	0.969
		<i>MA(2)</i>	0.5755	0.0409		
		<i>MA(3)</i>	0.1564	0.0435		
		<i>MA(4)</i>	-0.0851	0.0374		
		<i>MA(5)</i>	0.0672	0.0193		
Suhu Udara Maksimum	<i>ARIMA (0,2,3)</i>	<i>MA(1)</i>	-1.5954	0.0198	7776.92	1.289
		<i>MA(2)</i>	0.4188	0.0353		
		<i>MA(3)</i>	0.1766	0.0206		

Sumber: BMKG tahun 2016, diolah

4.2.4. Peramalan Suhu Udara Minimum dan Maksimum

Model *time series* yang digunakan untuk meramalkan suhu udara minimum di Kota Banda Aceh adalah model *ARIMA(0,2,5)*, dimana model tersebut dapat ditulis dalam persamaan matematis sebagai berikut:

$$\hat{Y}_t = 2Y_{t-1} - Y_{t-2} + 1.7139e_{t-1} - 0.5755e_{t-2} - 0.1564e_{t-3} + 0.0851e_{t-4} - 0.0672e_{t-5}$$

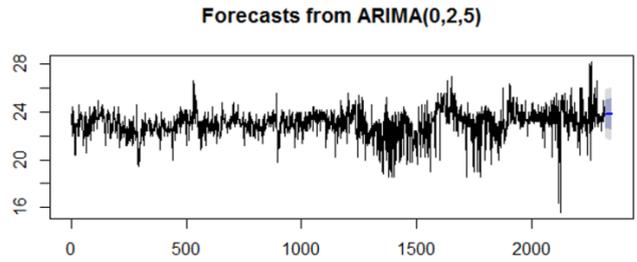
Sedangkan model *time series* yang digunakan untuk meramalkan suhu udara maksimum di Kota Banda Aceh adalah model *ARIMA(0,2,3)* yang dapat ditulis dalam persamaan matematis sebagai berikut:

$$\hat{Y}_t = 2Y_{t-1} - Y_{t-2} + 1.5954e_{t-1} - 0.4188e_{t-2} - 0.1766e_{t-3}$$

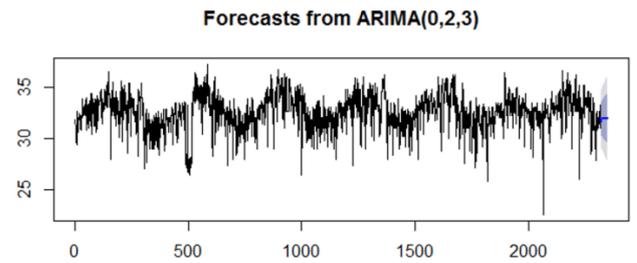
Dari persamaan model diatas, terlihat bahwa peramalan suhu udara minimum dengan model *ARIMA(0,2,5)* menggunakan 2 unsur, yaitu data terdahulu dan residual/error terdahulu. Jumlah data terdahulu yang digunakan dalam model adalah sejumlah dua buah data (Y_{t-1} dan Y_{t-2}), sedangkan residual/ error yang digunakan dalam model ini adalah sejumlah 5 buah error terdahulu (e_{t-1} , e_{t-2} , e_{t-3} , e_{t-4} dan e_{t-5}) sesuai dengan order *difference* dan order model *MA*. Sedangkan untuk peramalan suhu udara maksimum dengan model *ARIMA(0,2,3)* juga menggunakan 2 buah unsur, yaitu data terdahulu dan residual/ error terdahulu. Jumlah data terdahulu yang digunakan dalam model adalah sebanyak dua buah (Y_{t-1} dan Y_{t-2}), dan jumlah residual/ error terdahulu sebanyak 3 buah (e_{t-1} , e_{t-2} , dan e_{t-3}) sesuai dengan order *difference* dan order model *MA*. Hasil peramalan suhu udara minimum dan suhu udara maksimum di Kota Banda Aceh dengan menggunakan model *ARIMA(0,2,5)* dan *ARIMA(0,2,3)* untuk untuk bulan Desember tahun 2016 ditampilkan pada Tabel 4.3. Berdasarkan tabel tersebut, dapat dilihat bahwa peramalan suhu minimum di Kota Banda Aceh pada bulan Desember 2016 adalah berkisar antara 23-24°C dengan interval kepercayaan 95% diantara sekitar 22°C sampai dengan 26°C. Sedangkan untuk peramalan suhu

udara maksimum Kota Banda Aceh pada bulan Desember 2016 adalah sekitar 32^oC dengan interval kepercayaan 95% berada pada interval 28^oC sampai dengan 36^oC. Terlihat bahwa interval kepercayaan dari nilai peramalan terus mengalami pelebaran seiring bertambahnya periode peramalan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa peramalan dengan periode yang lebih sedikit akan memberikan hasil yang lebih akurat dengan tingkat kepercayaan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan peramalan dengan periode yang lebih panjang.

Hasil peramalan tersebut juga dapat ditampilkan dalam Gambar 4.3 dan 4.4, dimana garis horizontal yang berwarna biru tua menandakan nilai peramalannya sedangkan garis vertikal yang berwarna biru muda menandakan nilai batas atas dan nilai batas bawah peramalan suhu udara dengan taraf keyakinan 95%. Sedangkan plot yang berwarna hitam menunjukkan rekaman data awalnya. Plot data hasil peramalan untuk suhu udara minimum ditampilkan pada Gambar 4.3, sedangkan plot data hasil peramalan untuk suhu udara maksimum ditampilkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.3 Suhu udara minimum dan hasil peramalan di Kota Banda Aceh

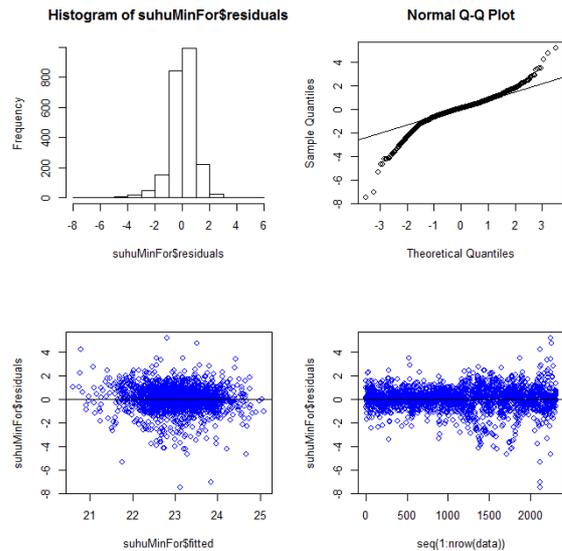


Gambar 4.4 Suhu udara maksimum dan hasil peramalan di Kota Banda Aceh

Tabel 4.3 Hasil peramalan suhu udara Kota Banda Aceh pada bulan Desember 2016

Tanggal	Peramalan Suhu Udara Minimum (°C)	95% Interval Kepercayaan		Peramalan Suhu Udara Maksimum (°C)	95% Interval Kepercayaan	
		Batas Bawah	Batas Atas		Batas Bawah	Batas Atas
12/1/2016	23,834	21,933	25,734	31,658	29,130	34,186
12/2/2016	23,822	21,845	25,799	31,915	29,187	34,642
12/3/2016	23,804	21,807	25,800	31,915	29,127	34,703
12/4/2016	23,814	21,792	25,835	31,916	29,068	34,763
12/5/2016	23,814	21,784	25,844	31,916	29,010	34,821
12/6/2016	23,814	21,775	25,853	31,916	28,954	34,879
12/7/2016	23,815	21,767	25,862	31,917	28,898	34,935
12/8/2016	23,815	21,759	25,871	31,917	28,843	34,991
12/9/2016	23,816	21,751	25,880	31,917	28,790	35,045
12/10/2016	23,816	21,742	25,889	31,918	28,737	35,099
12/11/2016	23,816	21,734	25,898	31,918	28,685	35,151
12/12/2016	23,817	21,726	25,907	31,918	28,634	35,203
12/13/2016	23,817	21,718	25,916	31,919	28,583	35,255
12/14/2016	23,817	21,710	25,925	31,919	28,533	35,305
12/15/2016	23,818	21,702	25,934	31,920	28,484	35,355
12/16/2016	23,818	21,694	25,943	31,920	28,436	35,404
12/17/2016	23,819	21,686	25,951	31,920	28,388	35,452
12/18/2016	23,819	21,678	25,960	31,921	28,341	35,500
12/19/2016	23,819	21,670	25,969	31,921	28,294	35,548
12/20/2016	23,820	21,662	25,978	31,921	28,248	35,594
12/21/2016	23,820	21,654	25,986	31,922	28,203	35,641
12/22/2016	23,821	21,646	25,995	31,922	28,158	35,686
12/23/2016	23,821	21,639	26,003	31,922	28,113	35,732
12/24/2016	23,821	21,631	26,012	31,923	28,069	35,776
12/25/2016	23,822	21,623	26,021	31,923	28,026	35,821
12/26/2016	23,822	21,615	26,029	31,923	27,983	35,864
12/27/2016	23,823	21,607	26,038	31,924	27,940	35,908
12/28/2016	23,823	21,600	26,046	31,924	27,898	35,951
12/29/2016	23,823	21,592	26,055	31,925	27,856	35,993
12/30/2016	23,824	21,584	26,063	31,925	27,815	36,035
12/31/2016	23,824	21,577	26,072	31,925	27,774	36,077

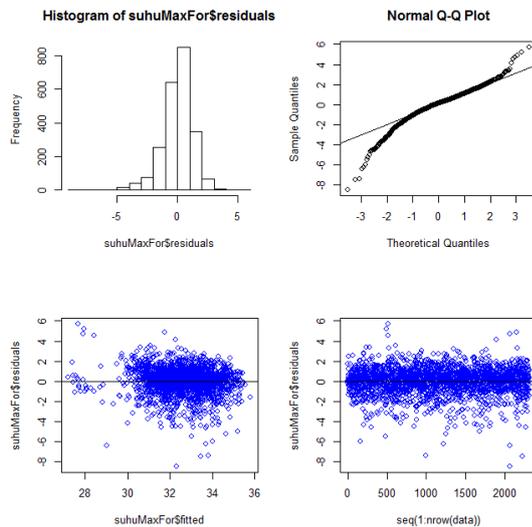
Sumber: Hasil pengolahan data



Gambar 4.5 Normalitas Residual Plot Model ARIMA(0,2,5)

Selain hasil peramalan, nilai residual/error dari model peramalan juga perlu dianalisis untuk mengetahui apakah residual/error tersebut berdistribusi normal atau tidak. Analisis terhadap nilai residual/error untuk suhu udara minimum ditampilkan pada Gambar 4.5, sedangkan analisis terhadap nilai residual/error suhu udara maksimum ditampilkan pada Gambar 4.6. Berdasarkan Gambar 4.5 dan 4.6, terlihat bahwa residual/error dari kedua model ARIMA yang digunakan beristribusi normal. Hal ini terlihat dari *Histogram of residuals* dan *normal QQ Plot*. Normalitas pada histogram ditandai dengan bentuk histogram dari residual/error yang menyerupai kurva yang berbentuk lonceng terbalik yang mirip dengan kurva distribusi

normal. Sedangkan normalitas melalui *QQ plot* ditandai dengan sebaran residual/error yang mendekati garis disepanjang garis diagonal *QQ plot* tersebut. Selain itu, normalitas residual/error juga dapat dilihat melalui plot antara nilai residual/error dengan nilai peramalannya serta plot antara nilai residual/error dengan urutan datanya. Sebaran nilai residual/error dalam kedua plot tersebut cenderung menyebar disekitar nilai nol pada sumbu residual/error-nya.



Gambar 4.6 Normalitas Residual Plot Model ARIMA(0,2,3)

5 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan diatas, dapat ditarik beberapa kesimpulan:

1. Rata-rata suhu udara harian minimum di Kota Banda Aceh dalam rentang waktu bulan Januari 2010 sampai dengan bulan Nopember 2016 adalah sebesar 23,06^oC, Sementara itu, rata-rata suhu udara harian maksimumnya berada pada 32,55^oC.
2. Data *time series* suhu udara harian minimum dan maksimum di Kota Banda Aceh yang diambil pada Stasiun Meteorologi Sultan Iskandar Muda adalah tidak stasioner, sehingga digunakan model *time series Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)*. Model yang paling cocok untuk meramalkan suhu udara minimum adalah model ARIMA(0,2,5), sedangkan untuk suhu udara maksimumnya adalah model ARIMA(0,2,3).
3. Model peramalan suhu udara harian minimum di Kota Banda Aceh adalah:

$$\hat{Y}_t = 2Y_{t-1} - Y_{t-2} + 1.7139e_{t-1} - 0.5755e_{t-2} - 0.1564e_{t-3} + 0.0851e_{t-4} - 0.0672e_{t-5}$$

Model peramalan suhu udara harian maksimum di Kota Banda Aceh adalah:

$$\hat{Y}_t = 2Y_{t-1} - Y_{t-2} + 1.5954e_{t-1} - 0.4188e_{t-2} - 0.1766e_{t-3}$$

4. Berdasarkan model peramalan dengan kedua model ARIMA tersebut, diketahui bahwa suhu minimum di Kota Banda Aceh pada bulan Desember 2016 diperkirakan berkisar diantara 23 – 24^oC, dengan interval kepercayaan 95% berada antara 22 - 26^oC. Sedangkan untuk peramalan suhu udara maksimum, nilai peramalan suhu udara maksimum Kota Banda Aceh pada bulan tersebut diperkirakan berkisar pada suhu 32^oC dengan selang kepercayaan 95% berada diantara 28 - 36^oC.

Referensi

- [1] Zakir, Achmad. 2004. Diklat Teknis di Lingkungan BMG: *Publik Weather Services*. BMG. Jakarta.
- [2] Kamus Bahasa Indonesia Online. www.kbbi.web.id/cuaca. Diakses pada tanggal 8 Desember 2016.
- [3] Shumway, R.H., Stoffer, D.S. 2005. *Time Series Analysis and Its Applications with R Examples*. Edisi Ketiga. USA: Springer. Hal. 23-141.
- [4] Bowerman, B.L., O’Connell, R.T., dan Koehler, A.B. 2005. *Forecasting, Time Series, And Regression*. Edisi Keempat. USA: Duxbury. Hal. 401-438.
- [5] Soejoeti, Zanzawi. 1987. *Analisis Runtun Waktu Modul 1- 9*. Karunika. Jakarta.
- [6] BMKG. Data Online-Pusat Data BMKG. <http://dataonline.bmkg.go.id/home>. Diakses pada tanggal 10 Desember 2016.
- [7] Trapletti, A., Hornik, K., dan LeBraron, B. Package “tseries” versi 0.10-35. *Time Series Analysis and Computational Finance*. Diposting pada tanggal 2 Mei 2016 melalui cran R: <https://cran.r-project.org/web/packages/tseries/index.html>.
- [8] Hyndman, R. Package “forecast” versi 7.3. *Forecasting Functions for Time Series and Linear Models*. Diposting pada tanggal 13 Oktober 2016 melalui cran R: <https://cran.r-project.org/web/packages/forecast/index.html>

Lampiran

Identifikasi model *time series*

No	Plot ACF dan PACF	Model
1	ACF signifikan pada lag 1,2,...,q dan terpotong pada lag q, PACF menurun secara eksponensial	MA(q)
2	ACF menurun secara eksponensial PACF signifikan pada lag p dan terpotong setelah lag p	AR(p)
3	ACF signifikan pada lag q dan terpotong setelah lag q PACF signifikan pada lag p dan terpotong setelah lag p	ARMA(p,q)
4	Tidak ada autokorelasi yang signifikan dalam plot ACF dan PACF	ARMA(0,0)
5	ACF signifikan pada lag 1,2,...,q dan terpotong pada lag q Difference ke d, PACF menurun secara eksponensial	IMA(d,q)
6	ACF menurun secara eksponensial, Difference ke d, PACF signifikan pada lag p dan terpotong setelah lag p	ARI(p,d)
7	ACF signifikan pada lag q dan terpotong setelah lag q Difference ke d, PACF signifikan pada lag p dan terpotong setelah lag p	ARIMA(p,d,q)
8	Tidak ada autokorelasi yang signifikan dalam plot ACF dan PACF, Difference ke d	ARIMA(0,d,0)