

PEMODELAN DERET WAKTU DAN PERAMALAN CURAH HUJAN PADA DUA BELAS STASIUN DI BOGOR

Hutomo Atman Maulana*

Abstrak

Curah hujan merupakan salah satu faktor iklim yang berpengaruh di berbagai bidang sehingga pemerintah membangun stasiun hujan untuk mengukur curah hujan di lokasi tertentu di Indonesia yang dianggap memiliki potensi. Akan tetapi curah hujan di luar daerah stasiun hujan tidak diketahui secara pasti, sehingga perlu dilakukan prediksi curah hujan dengan menggunakan analisis deret waktu dengan metode Box-Jenkins yang dikenal dengan *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA), maupun analisis krigging untuk melihat kebergantungan spasial lokasi. Identifikasi model dilakukan dengan melihat plot ACF dan PACF data. Data yang digunakan adalah data curah hujan di Bogor periode 10 harian dari bulan Januari 2013 - Desember 2014 sehingga diperoleh model deret waktu terbaik untuk 12 stasiun yang terdiri dari ARIMA(1,1,1), ARIMA(1,1,0), dan ARIMA(3,1,0).

Kata kunci: Curah hujan, analisis deret waktu, Metode Box-Jenkins.

Abstract

Rainfall is one of the most influential climatic factors in various fields so that the government builds rain stations to measure rainfall in certain locations in Indonesia that are considered to have potential. However, rainfall outside the rain station area is not known for certain, so rainfall prediction is required by using time series analysis by Box-Jenkins method known as *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). The model identification is done by viewing plots of ACF and PACF data. The data used are rainfall data in Bogor 10-day period from January 2013 to December 2014 so as to obtain the best time series model for 12 stations consisting of ARIMA (1,1,1), ARIMA (1,1,0), and ARIMA (3,1,0).

Keywords: Sea surface temperature, Time series, Box-Jenkins method.

1. Pendahuluan

Curah hujan merupakan salah satu faktor iklim yang sangat berpengaruh di berbagai bidang. Bidang pertanian, pelayaran, penerbangan dan beberapa bidang lainnya melibatkan faktor iklim sebagai faktor penentu, khususnya curah hujan. Di bidang kesehatan, curah hujan juga mempunyai peran yang sangat penting, seperti mempengaruhi laju penyebaran penyakit, misalnya pada kasus demam berdarah. Tidak sedikit penelitian di bidang kesehatan yang melibatkan faktor curah hujan.

* Politeknik Negeri Bengkalis,
Email: hutomomaulana@polbeng.ac.id

Hutomo Atman Maulana

Anomali curah hujan di Indonesia tidak hanya dipengaruhi oleh faktor el nino/la nina saja tetapi juga dipengaruhi oleh faktor pengendali curah hujan lainnya, yaitu Indeks Dipole Mode (IDM) dan suhu muka laut Indonesia. Walaupun terjadi kejadian el nino di Lautan Pasifik tetapi pada saat bersamaan suhu muka laut di perairan Indonesia cukup hangat maka dampak el nino tersebut tidak terlalu signifikan. Untuk memprakirakan kondisi curah hujan bulanan/musiman, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) secara rutin memperhatikan ketiga faktor pengendali curah hujan yaitu el nino/la nina, IDM dan suhu permukaan perairan Indonesia [1]. Pemerintah telah membangun stasiun hujan untuk mengukur curah hujan di titik atau lokasi tertentu di berbagai daerah di Indonesia yang dianggap memiliki potensi dan dapat mewakili daerah sekitarnya. Namun curah hujan di luar daerah stasiun hujan tidak diketahui secara pasti, sedangkan untuk kepentingan tertentu, dibutuhkan informasi tentang curah hujan di titik lain.

Bogor merupakan salah satu kota besar di Indonesia yang terletak di dataran tinggi. Di Bogor sering-seringkali terjadi hujan di beberapa stasiun. Kedua belas stasiun tersebut adalah Bendungan Empang, Cibodas, Cihideung, Ciriung, Kec. Ciawi, Klapanunggal, Lanud Atang Sanjaya, Perk. Cikasungka, Perk. Gunung Mas, Perk. Pondok Gedeh, Stamet Citeko, dan Staklim Darmaga. Karakteristik setiap kecamatan di Bogor berbeda dan sering kali curah hujan setiap kecamatan diperlukan untuk kepentingan tertentu, misalnya sebagai informasi agar mengetahui kecamatan dengan curah hujan tinggi yang selanjutnya dilakukan tindakan pencegahan masalah lingkungan atau kesehatan.

Salah satu cara untuk mengetahui curah hujan yang akan datang adalah dengan menggunakan analisis deret waktu. Analisis deret waktu adalah suatu pengamatan yang dibangun berurutan dalam waktu. Analisis ini dilakukan untuk memperoleh pola data deret waktu, dengan menggunakan pengamatan sebelumnya untuk memprediksi suatu nilai pada masa yang akan datang. Data yang dikumpulkan secara periodik berdasarkan urutan waktu, baik dalam jam, hari, minggu, bulan, maupun dalam tahun. Lebih lanjut, akan dilakukan prediksi (*forecasting*) melibatkan pengamatan data masa lalu dan menempatkannya ke masa mendatang dalam suatu bentuk matematis. Penelitian ini dilakukan untuk memprediksi data curah hujan di Bogor periode 10 harian dari bulan Januari 2013 - Desember 2014. Dewasa ini telah dikembangkan sejumlah metode prediksi. Salah satu metode yang digunakan yaitu analisis deret waktu dengan metode Box-Jenkins atau dikenal dengan ARIMA. Analisis data dengan model ARIMA, terdiri dari tiga tahap yaitu identifikasi, penaksiran dan pengujian serta penerapan model [2].

Selanjutnya, dilakukan perbandingan prediksi data deret waktu dengan data spasial model deret waktu yakni prakiraan kriging. Kriging adalah salah satu metode interpolasi spasial yang memanfaatkan nilai spasial pada lokasi tersampel untuk memprakirakan nilai pada lokasi lain yang belum atau tidak tersampel. Metode Kriging digunakan untuk memprakiraan nilai suatu lokasi dari nilai sampel yang terdapat di sekitar lokasi yang akan diprakirakan. Hal ini dapat diidentifikasi dengan adanya autokorelasi spasial, contohnya jika dalam suatu daerah yang saling berdekatan mempunyai nilai hampir mirip akan menunjukkan nilai autokorelasi spasial yang positif. Sedangkan, jika nilai di daerah yang berdekatan tidak mirip menunjukkan nilai autokorelasi spasial yang negatif dan bagi nilai autokorelasi spasial yang acak menunjukkan bahwa tidak adanya autokorelasi spasial di antara kedua tempat tersebut. Daerah yang diprakirakan adalah Perk. Cikasungka dan Kecamatan Ciawi.

2. Landasan Teori

2.1. Pemodelan Deret Waktu

Analisis deret waktu pada dasarnya digunakan untuk melakukan analisis data yang mempertimbangkan pengaruh waktu. Data dikumpulkan secara periodik berdasarkan urutan waktu, bisa dalam jam, hari, minggu, bulan, kuartal dan tahun. Analisis deret waktu dapat dilakukan untuk membantu dalam menyusun perencanaan ke depan. Untuk menentukan metode peramalan pada data deret waktu perlu diketahui pola dari data tersebut sehingga peramalan data dapat dilakukan dengan metode yang sesuai. Pola data dapat dibedakan menjadi empat jenis, yaitu pola musiman, siklis, trend, dan irregular. Pola musiman merupakan aktuasi dari data yang terjadi secara periodik dalam kurun waktu satu tahun, seperti triwulan, kuartalan, bulanan, mingguan, atau harian. Untuk data model stokastik terdapat beberapa model yang dapat digunakan seperti AR, MA, ARMA, ARIMA, SARIMA dan lainnya.

2.2. Model Deret Waktu

Pemilihan model deret waktu yang sesuai dengan data akan menghasilkan keakuratan dalam peramalan (*forecasting*). Setiap model memiliki ciri masing-masing sehingga berdasarkan ciri tersebut kita jadikan acuan sebagai penentuan model yang cocok dari data. Beberapa model deret waktu tersebut adalah [1]:

1. Model AR(p)

Deret waktu Y_t merupakan suatu proses AR (*Auto Regressive*) berorde p atau AR (p) dapat dinyatakan sebagai:

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + e_t \quad (1)$$

Dengan kata lain, Y_t merupakan kombinasi linier p buah nilai-nilai sebelumnya ditambah dengan galat pada saat t . Variabel galat e_t diasumsikan saling bebas terhadap $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}$ dan berdistribusi normal dengan rata-rata nol dan variansi σ^2 .

2. Model MA(q)

Model MA (*Moving Average*) berorde q merupakan suatu deret Y_t yang terbentuk dari galat pada waktu t dan galat-galat pada waktu sebelumnya yang diberi bobot, sehingga dapat dinyatakan sebagai:

$$Y_t = e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_q e_{t-q} \quad (1)$$

3. Model ARMA(p, q)

Model ARMA (*Auto Regressive Moving Average*) berorde p dan q merupakan proses deret waktu yang dibangun dari penggabungan antara AR (p) dan MA (q) dengan bentuk persamaan:

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \dots - \theta_q e_{t-q} \quad (3)$$

4. Model ARIMA(p, d, q)

Model ARIMA dilakukan pada data yang *didifferencing* sehingga data telah stasioner model ARIMA (p,d,q) merupakan gabungan dari model ARMA (p, q) dan proses *differencing*, yaitu:

$$\phi_p(B)(1-B)^d Y_t = \theta_q(B)e_t \quad (4)$$

3. Metode Penelitian

3.1. Jenis Penelitian

Adapun jenis penelitian yang digunakan adalah jenis deskriptif dengan pendekatan studi kasus. Metode deskriptif digunakan untuk mendeskripsikan atau menguraikan permasalahan yang berkaitan dengan penentuan model yang sesuai dengan data curah hujan.

3.2. Sumber Data

Data yang digunakan adalah data curah hujan 10 harian dari tanggal Januari 2013 sampai Desember 2014 di 12 stasiun (kecamatan) Bogor yaitu sejumlah 67 buah data. Kedua belas stasiun tersebut adalah Bendungan Empang (BE), Cibodas (CIB), Cihideung (CIH), Ciriung (CIR), Kec. Ciawi (CIA), Klapanunggal (KLA), Lanud Atang Sanjaya (LAS), Perk. Cikasungka (CIK), Perk. Gunung Mas (GM), Perk. Pondok Gedeh (PG), Stamet Citeko (CIT), dan Staklim Darmaga (DAR).

3.3. Tahapan Pemodelan Deret Waktu

Asumsi terpenting dalam analisis deret waktu adalah kestasioneran. Ide dari kestasioneran adalah perilaku data yang tidak berubah terhadap waktu dalam suatu proses. Jenis kestasioneran ada dua macam, yaitu:

1. Stasioner kuat

Jika distribusi gabungan Y_1, Y_2, \dots, Y_n sama dengan distribusi gabungan dari $Y_{1-k}, Y_{2-k}, \dots, Y_{n-k}$, ditulis sebagai:

$$F(y_{t_1}, y_{t_2}, \dots, y_{t_n}) = F(y_{t_1-k}, y_{t_2-k}, \dots, y_{t_n-k}) \quad (7)$$

dengan t_1, t_2, \dots, t_n dan \forall lag k .

2. Stasioner lemah

Jika μ (mean) dan σ^2 (variansi) selalu konstan setiap waktu (t).

Dikarenakan sulitnya untuk menggambarkan distribusi gabungan yang merupakan syarat dari stasioner kuat, maka dalam penelitian ini cukup hanya dengan asumsi stasioner lemah saja.

a. Stasioner terhadap mean

Uji yang digunakan untuk melihat kestasioneran terhadap mean adalah uji akar unit. salah satu metode pengujian adalah dengan *Augmented Dickey-Fuller Test*. dimana menggunakan persamaan berikut:

$$\nabla Y_t = (\rho - 1)Y_{t-1} + \mu_t = \delta Y_{t-1} + \mu_t \quad (8)$$

$H_0: \delta = 0$ (data memiliki akar unit)

$H_1: \delta \neq 0$

Jika kita tidak menolak $H_0: \delta = 0$, maka $\rho = 1$. Artinya data memiliki akar unit, dimana data time series Y_t tidak stasioner.

b. Stasioner terhadap variansi

Uji Levene digunakan untuk melihat apakah data memiliki variansi yang sama:

$H_0: \sigma_1 = \sigma_2 = \dots = \sigma_i, \quad i \in N$

H_1 : terdapat paling tidak satu pasang $\sigma_i \neq \sigma_j, \quad i, j \in N$.

Jika kita tidak menolak $H_0: \sigma_1 = \sigma_2 = \dots = \sigma_i, \quad i \in N$, artinya data memiliki variansi yang sama atau konstan, dimana data time series Y_t stasioner.

Asumsi terpenting lainnya dalam analisis deret waktu adalah hubungan autokorelasi. Autokorelasi adalah hubungan kelinieran antara satu variabel dengan dirinya sendiri. Secara matematis, autokorelasi melibatkan nilai mean dan fungsi autokovariansi yang didefinisikan sebagai:

$\gamma_{t,s} = Cov(Y_t, Y_s)$ untuk $t, s = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, yaitu:

$$\begin{aligned} Cov(Y_t, Y_s) &= E[(Y_t - \mu_t)(Y_s - \mu_s)] \\ &= E(Y_t - Y_s) - \mu_t \mu_s \end{aligned} \quad (9)$$

sehingga diperoleh fungsi autokorelasi yang didefinisikan sebagai:

$\rho_{t,s} = Corr(Y_t, Y_s)$ untuk $t, s = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ adalah:

$$\begin{aligned} Corr(Y_t, Y_s) &= \frac{Cov(Y_t, Y_s)}{\sqrt{Var(Y_t) Var(Y_s)}} \\ &= \frac{\gamma_{t,s}}{\sqrt{\gamma_{t,t} \gamma_{s,s}}} \end{aligned} \quad (10)$$

$$\rho_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Y_t - \mu)(Y_{t-k} - \mu)}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \mu)^2} \quad \text{dengan } k = 0, 1, 2, \dots \quad (11)$$

Nilai kovariansi dan korelasi menunjukkan hubungan linier dari dua variabel acak, sehingga apabila $\rho_{t,s}$ mendekati ± 1 maka hubungan liniernya kuat antar dua variabel. Namun, jika $\rho_{t,s}$ mendekati nol maka hubungan liniernya lemah, dan apabila $\rho_{t,s} = 0$, maka Y_t, Y_s tidak berkorelasi (tidak memiliki hubungan linier).

Analisis deret waktu memerlukan suatu tahapan pemodelan yang sistematis. Salah satu metode analisis deret waktu yang biasa digunakan adalah metode George E. P. Box dan Gwilym M. Jenkins yang dikenal sebagai metode Box-Jenkins. Dalam metode ini memiliki tiga iterasi utama. Adapun iterasinya adalah:

1. Identifikasi model

Hutomo Atman Maulana

Pada tahap ini, proses identifikasi model dengan menggunakan prinsip parsimony (model sederhana) dengan jumlah parameter yang sedikit. Proses ini diawali dengan membuat plot ACF (*auto correlation function*) dan PACF (*partial auto correlation function*). Identifikasi dilakukan dengan mengamati perilaku dari ACF dan PACF.

Data yang tidak menunjukkan perilaku ACF dan PACF sesuai dengan tabel diatas, maka cenderung menunjukkan perilaku tidak stasioner. Data yang tidak stasioner harus dilakukan proses transformasi terlebih dahulu untuk menjadikan stasioner. Salah satu proses stasioner yang paling sederhana adalah *differencing*. *Differencing* adalah proses pengurangan data pada waktu t dengan data waktu $t - 1$, dengan tujuan data yang telah *differencing* menjadi stasioner. *Differencing* pertama, kedua, dan selanjutnya dari data observasi Y_t yaitu :

$$\begin{aligned} d = 1 : \quad W_t &= \nabla Y_t = Y_t - Y_{t-1} \\ d = 2 : \quad W_t &= \nabla^2 Y_t = \nabla(\nabla Y_t) = Y_t - 2Y_{t-1} + Y_{t-2} \end{aligned} \quad (11)$$

Tabel 1. Perilaku ACF dan PACF model AR(p), MA(q), dan ARMA(p, q)

| Model | AR(p) | MA(q) | ARMA(p, q) |
|-------------|--|--|--|
| ACF | Menurun secara eksponensial atau membentuk gelombang sinus teredam | <i>Cut off</i> setelah lag- q | Menurun secara eksponensial atau membentuk gelombang sinus teredam |
| PACF | <i>Cut off</i> setelah lag- p | Menurun secara eksponensial atau membentuk gelombang sinus teredam | Menurun secara eksponensial atau membentuk gelombang sinus teredam |

2. Pengujian galat

Analisis kecocokan model yang diperoleh. Data dapat dianalisis dengan menggunakan model plot, membandingkannya dengan data yang asli, dan menguji apakah asumsi-asumsi untuk model-model deret waktu tidak dilanggar. Sehingga digunakan *Mean Square Error* untuk mengatasi masalah ini, dengan formula yang digunakan sebagai berikut:

$$MSE = \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2 \quad (12)$$

Pengaruh nilai galat akan dianalisis kembali untuk melihat kebergantungan dengan data. Harapan yang diinginkan yakni tidak ada hubungan antara data dengan galat (saling bebas). Salah satu caranya untuk melihat galat tersebut berdistribusi normal dan saling bebas dengan data pengamatan dapat diaplikasikan dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov. Prinsip dari uji ini adalah selisih supremum dari fungsi distribusi pengamatan dan estimasi (galat). Dapat dilihat secara jelas dalam formula berikut[4]:

$$D_{obs,est} = \sup |F_{obs}(y) - F_{est}(y)| \quad (13)$$

dengan menggunakan uji hipotesis, dimana $H_0: \rho_{galat} = 0$ versus $H_1: \rho_{galat} \neq 0$. H_0 ditolak jika $D_{obs,est} > c(\alpha) \sqrt{\frac{n_{obs}+n_{est}}{n_{obs}n_{est}}}$ dengan $c(\alpha)$ diberikan dalam tabel kolmogorov-smirnov. Hal tersebut mengindikasikan bahwa tidak ada pengaruh ($\rho = 0$) antara pengamatan dengan galatnya.

3. Pengujian keakuratan model

Uji kesesuaian model yang digunakan dalam model time series ini antara lain yaitu *Akaike Information Criterion* (AIC) dan *Bayesian Information Criterion* (BIC). Nilai AIC dan BIC dapat diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} AIC &= -2 \log(\hat{\theta}) + 2K \\ BIC &= -2 \log(\hat{\theta}) + K \log(n) \end{aligned} \quad (14)$$

dengan $(\log(\hat{\theta}))$ adalah nilai maksimum fungsi log likelihood dari suatu model yang diestimasi, n adalah banyaknya pengamatan, dan K merupakan banyaknya parameter. Semakin kecil nilai AIC dan BIC dari suatu model, maka model yang dipakai semakin cocok. Menurut Cryer (2008), BIC cenderung digunakan karena secara eksperimen terbukti BIC menghasilkan model lebih akurat dibandingkan AIC. Namun apabila menggunakan rumus:

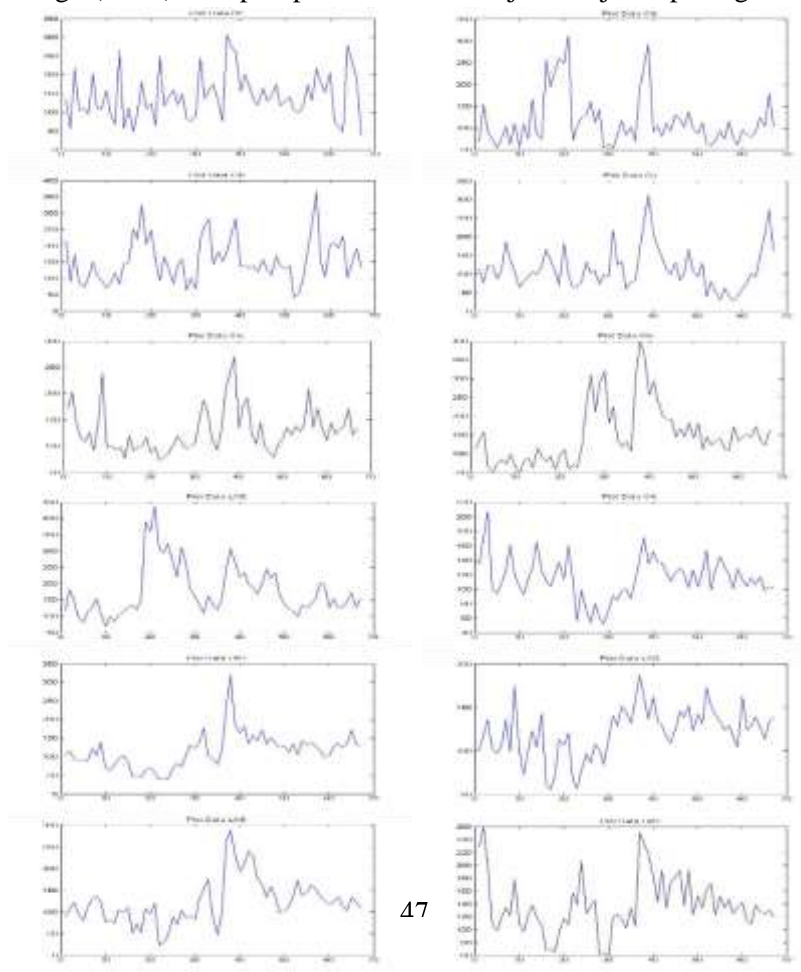
$$\begin{aligned} AIC &= \log \text{likelihood} - K \\ BIC &= \log \text{likelihood} - \frac{K}{2} \log(n) \end{aligned} \quad (15)$$

maka model yang cocok dengan data dapat diketahui dengan nilai masing- masing AIC dan BIC yang terbesar.

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.1. Statistika Deskriptif

Data yang digunakan adalah data curah hujan 10 harian dari tanggal Januari 2013 sampai Desember 2014 di 12 stasiun (kecamatan) Bogor yaitu sejumlah 67 buah data. Kedua belas stasiun tersebut adalah Bendungan Empang (BE), Cibodas (CIB), Cihideung (CIH), Ciriung (CIR), Kec. Ciawi (CIA), Klapanunggal (KLA), Lanud Atang Sanjaya (LAS), Perk. Cikasungka (CIK), Perk. Gunung Mas (GM), Perk. Pondok Gedeh (PG), Stamet Citeko (CIT), dan Staklim Darmaga (DAR). Adapun plot data curah hujan disajikan pada gambar di bawah



17

ini.

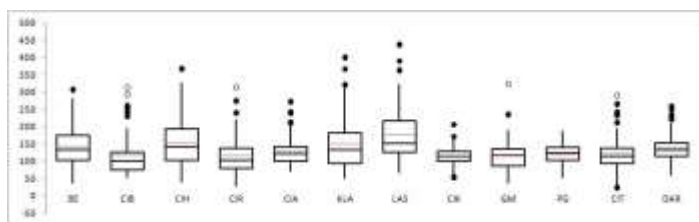
Gambar 1. Plot Data Curah Hujan 12 Lokasi

Hutomo Atman Maulana

| Stat Deskriptif | BE | CIB | CIH | CIR | CIA | KLA | LAS | CIK | GM | PG | GT | DAR |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|----------|----------|----------|----------|
| Banyak Data | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 |
| Jumlah | 9,563 | 7,795 | 10,405 | 7,690 | 8,693 | 10,048 | 11,896 | 7,732 | 7717 | 8128 | 8248 | 9261 |
| Mean | 142.73 | 116.34 | 155.30 | 114.78 | 129.75 | 149.97 | 177.55 | 115.40 | 115.1791 | 121.3134 | 123.1045 | 138.2239 |
| Median | 132 | 101 | 143 | 102 | 121 | 134 | 152 | 114 | 116 | 124 | 115 | 134 |
| Minimum | 37 | 53 | 41 | 29 | 73 | 51 | 69 | 52 | 38 | 55 | 23 | 60 |
| Maximum | 306 | 312 | 365 | 313 | 271 | 399 | 436 | 207 | 321 | 187 | 289 | 260 |
| SD | 62.278 | 60.327 | 67.020 | 55.696 | 42.026 | 78.352 | 78.177 | 28.886 | 47.11621 | 28.70604 | 52.26278 | 43.87511 |
| Variance | 3,878.539 | 3,639.289 | 4,491.637 | 3,102.085 | 1,766.192 | 6,138.969 | 6,111.706 | 834.426 | 2219.937 | 824.0366 | 2731.398 | 1925.025 |
| Standard Error | 7.608 | 7.370 | 8.188 | 6.804 | 5.134 | 9.572 | 9.551 | 3.529 | 5.756161 | 3.507001 | 6.384915 | 5.360197 |
| Skewness | 0.645 | 1.624 | 0.839 | 1.248 | 1.333 | 1.224 | 1.281 | 0.283 | 1.301259 | -0.29749 | 0.967717 | 0.718212 |
| Kurtosis | -0.029 | 2.099 | 0.643 | 2.109 | 1.697 | 1.274 | 1.343 | 1.026 | 4.606922 | -0.01366 | 1.469242 | 0.628538 |
| 25th Percentile | 102 | 76 | 104 | 79 | 100 | 95 | 125 | 101 | 86 | 103.5 | 92.5 | 115 |
| 50th Percentile | 132 | 101 | 143 | 102 | 121 | 134 | 152 | 114 | 116 | 124 | 115 | 134 |
| 75th Percentile | 174 | 127 | 193 | 137 | 143 | 182 | 218 | 129 | 136 | 139 | 138 | 154.5 |

Gambar 2. Statistika Deskriptif Data Curah Hujan 12 Lokasi

Pada Gambar di atas terlihat bahwa nilai mean dari data curah hujan 10 lokasi (Bendungan Empang, Cibodas, Cihideung, Ciriung, Kec. Ciawi, Klapanunggal, Lanud Atang Sanjaya, Perk. Cikasungka, Stamet Citeko, dan Staklim Darmaga) lebih besar dari nilai median, artinya data menumpuk pada nilai yang lebih kecil. Sementara median lebih besar ditemui pada lokasi Perk. Gunung Mas dan Perk. Pondok Gedeh. Nilai mean pada boxplot digambarkan dengan garis putus-putus merah, jika ditarik suatu garis dari boxplot Bendungan Empang hingga boxplot Staklim Darmaga akan diper- oleh garis panjang yang menandakan bahwa curah hujan pada dua belas kota ini memiliki nilai mean yang berubah-ubah atau dengan kata lain tidak konstan terhadap waktu. Namun, jika dilihat berdasarkan masing-masing boxplot sebagian besar merupakan proses stasioner.



Gambar 3. Boxplot Data Curah Hujan 12 Lokasi di Bogor

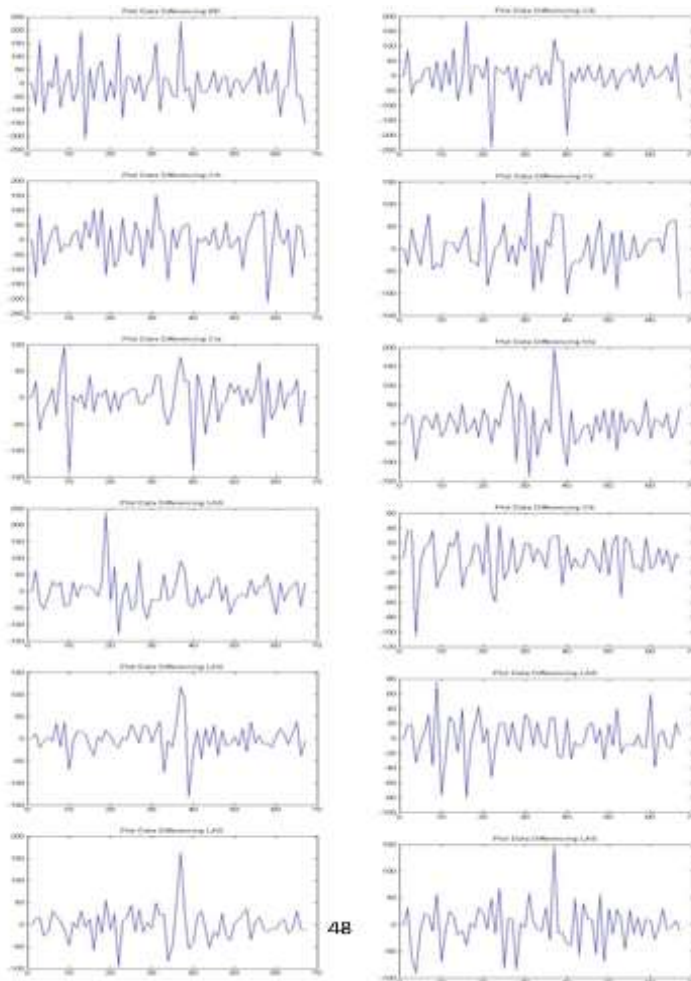
Selanjutnya, koefisien skewness bernilai positif pada 12 lokasi kecamatan Bogor tersebut kecuali Perk. Pondok Gedeh, hal ini menunjukkan bahwa distribusi frekuensinya menceng ke kanan (ekor kurvanya lebih panjang ke kanan daripada ke kiri). Sementara, koefisien skewness bernilai negatif pada lokasi Perk. Pondok Gedeh, artinya distribusi frekuensinya menceng ke kiri. Adapun nilai kurtosis dari data curah hujan dari 12 lokasi kecuali Perk. Gunung Mas kurang dari 3. Dengan demikian, data menunjukkan bahwa distribusi frekuensinya memiliki puncak yang lebih landai dari distribusi normal (bukan berdistribusi normal) tetapi ekornya tipis. Sedangkan nilai kurtosis dari Perk. Gunung Mas lebih dari 3, artinya bukan berdistribusi normal tetapi ekornya tebal. Variansi pada data memberikan informasi bahwa data tidak cukup jauh menyebar. Akan tetapi lokasi Klapanunggal dan Lanud Atang Sanjaya variansi yang besar merepresentasikan data cukup menyebar.

4.2. Pemilihan Model Deret Waktu

Data curah hujan merupakan data deret waktu yang bergantung antara pengamatan sekarang dan pengamatan di waktu selanjutnya. Pada data curah hujan di daerah Bogor ini, data memiliki interval waktu yang sama antar data yaitu 10 hari. Data yang bersifat saling berkorelasi dan memiliki interval waktu yang sama ini dapat dimodelkan menggunakan model deret waktu. Model deret waktu yang akan digunakan dalam pemodelan ini adalah model deret waktu yang stasioner sehingga perlu diperiksa apakah data curah hujan dalam kondisi stasioner. Pada Gambar 1 terlihat bahwa ke 12 lokasi memiliki data yang tidak stasioner yaitu terdapat trend dengan variansi yang besar. Sehingga perlu dilakukan difference yaitu mengurangi data dengan data sebelumnya. Differencing yang digunakan adalah:

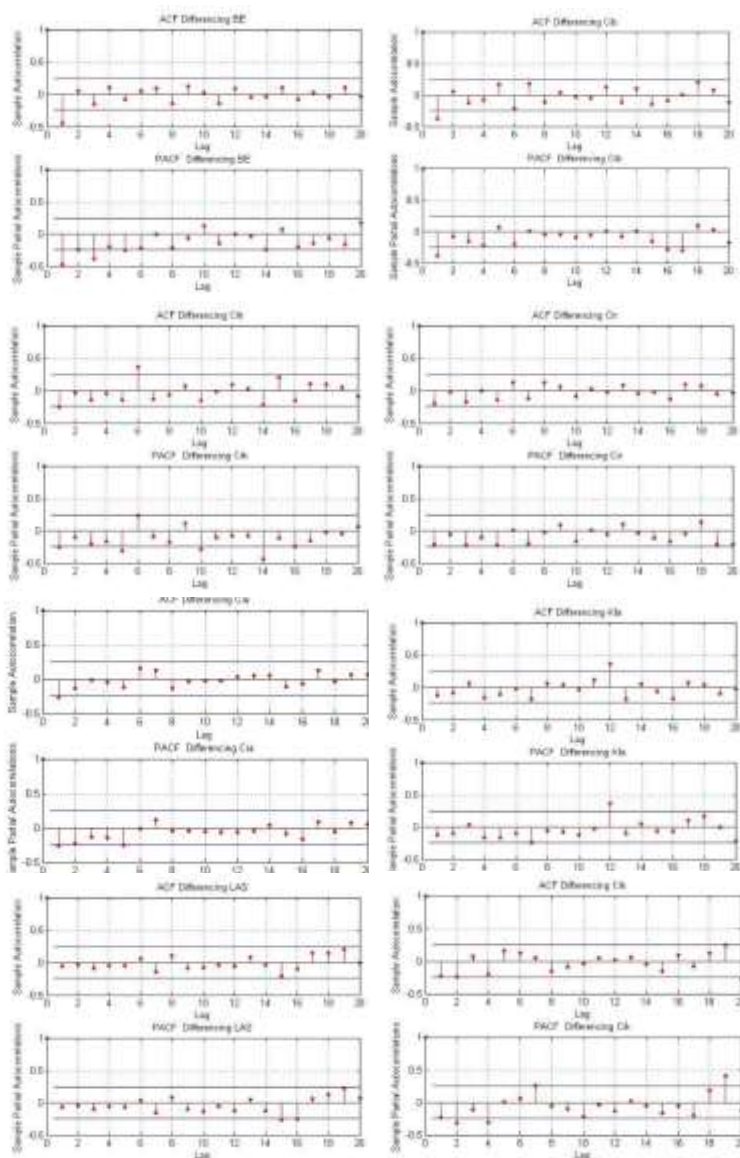
$$Y_t = \log(P_t) - \log(P_{t-1}) \quad (16)$$

Hasil differencing data terlihat pada Gambar 4. Hasil differencing menunjukkan bahwa data lebih stasioner dan data lebih terpusat. Data yang telah didifferencing ini akan diolah selanjutnya untuk menentukan model deret waktu yang terbaik.



Gambar 4. Plot Difference Data Curah Hujan 12 Lokasi

Selanjutnya, salah satu hal yang menarik untuk dikaji pada data deret waktu adalah memodelkan data. Adapun cara untuk melihat model data curah hujan dapat dilihat dengan memperhatikan grafik ACF dari data yang telah di differencing (stasioner) pada Lampiran. Terlihat bahwa plot ACF dan PACF data curah hujan Bendungan Empang, Cihideung, Ciriung, Kec. Ciawi, Klapanunggal, Perk. Cikasungka, Perk. Gunung Mas, Perk. Pondok Gedeh, dan Staklim Darmaga dies down atau menurun secara perlahan pada lag 1. Sementara, data curah hujan pada lokasi Cibodas, Lanud Atang Sanjaya, dan Stamet Citeko menunjukkan plot ACF menurun secara perlahan. PACF terpotong setelah lag ke-1 untuk Cibodas dan Lanud Atang Sanjaya, sedangkan terpotong setelah lag-3.

**Gambar 5.** Plot ACF dan PACF Difference Data Curah Hujan

| Stasiun | Bondung Empang | | Stasiun | Cibodas | | Stasiun | Cihideung | | | | |
|----------------|----------------|----------|----------------|----------|--------------|----------------|--------------|----------|---------------|----------|----------|
| Uji Diagnostik | AIC | BIC | Uji Diagnostik | AIC | BIC | Uji Diagnostik | AIC | BIC | | | |
| Model | ARIMA(1,1,1) | 745.5734 | 755.5722 | Model | ARIMA(1,1,1) | 728.7801 | 738.7790 | Model | ARIMA(1,1,1) | 746.5578 | 756.5566 |
| | ARIMA(1,1,0) | 769.9983 | 774.9977 | | ARIMA(1,1,0) | 732.1406 | 737.1400 | | ARIMA(1,1,0) | 755.3096 | 760.3093 |
| | ARIMA(2,1,1) | 747.5389 | 762.5372 | | ARIMA(1,1,0) | 735.1063 | 740.1058 | | ARIMA(1,1,0) | 746.5471 | 751.5461 |
| | ARIMA(2,1,0) | 768.2075 | 778.2063 | | ARIMA(2,1,1) | 735.6459 | 743.6488 | | ARIMA(1,1,0) | 749.1229 | 779.1194 |
| | ARIMA(3,1,0) | 759.8774 | 774.8757 | | ARIMA(2,1,0) | 733.6459 | 743.6488 | | ARIMA(1,1,0) | 749.7148 | 774.7118 |
| | ARIMA(3,1,1) | 748.1066 | 768.1063 | | | | ARIMA(1,1,0) | | 746.1668 | 751.1668 | |
| Model | ARIMA(1,1,1) | 701.5864 | 711.5852 | Model | ARIMA(1,1,1) | 678.3332 | 688.3321 | Model | ARIMA(1,1,1) | 715.8009 | 726.7997 |
| | ARIMA(1,1,0) | 711.2015 | 716.2009 | | ARIMA(1,1,0) | 684.9764 | 689.9759 | | ARIMA(1,1,0) | 721.7464 | 726.7458 |
| | ARIMA(1,1,3) | 704.3075 | 724.3052 | | ARIMA(1,1,0) | 680.3311 | 695.3294 | | ARIMA(2,1,1) | 724.6567 | 739.6550 |
| | ARIMA(3,1,1) | 704.2304 | 724.2281 | | ARIMA(2,1,0) | 683.3920 | 693.3909 | | ARIMA(2,1,0) | 726.9730 | 746.9707 |
| | ARIMA(3,1,0) | 711.7729 | 726.7712 | | ARIMA(2,1,1) | 683.3920 | 693.3909 | | ARIMA(3,1,1) | 724.6430 | 739.6413 |
| | ARIMA(3,1,3) | 706.8480 | 736.8445 | | ARIMA(5,1,0) | 681.5937 | 706.5908 | | ARIMA(3,1,0) | 732.8947 | 757.8907 |
| ARIMA(5,1,1) | 707.8349 | 737.8314 | ARIMA(5,1,0) | 681.5937 | 706.5908 | ARIMA(7,1,1) | 747.4205 | 842.4095 | | | |
| ARIMA(5,1,0) | 713.0094 | 737.0365 | ARIMA(5,1,1) | 683.5887 | 713.5852 | ARIMA(7,1,1) | 732.8382 | 792.8312 | | | |
| ARIMA(5,1,3) | 706.2135 | 746.2089 | | | | ARIMA(12,1,1) | 744.9451 | 804.9312 | | | |
| Model | ARIMA(1,1,1) | 713.4658 | 723.4643 | Model | ARIMA(1,1,1) | 631.3603 | 636.3597 | Model | ARIMA(1,1,0) | 664.2680 | 669.2654 |
| | ARIMA(1,1,0) | 713.4658 | 723.4643 | | ARIMA(1,1,0) | 620.1996 | 635.1979 | | ARIMA(1,1,1) | 655.9437 | 665.9425 |
| | ARIMA(2,1,1) | 721.2942 | 736.2924 | | ARIMA(2,1,1) | 624.6733 | 639.6718 | | ARIMA(2,1,0) | 663.5328 | 673.5316 |
| | ARIMA(2,1,1) | 717.3423 | 737.3400 | | ARIMA(2,1,0) | 625.7882 | 635.7880 | | ARIMA(2,1,1) | 657.3274 | 672.3257 |
| | ARIMA(2,1,0) | 721.1713 | 736.1693 | | ARIMA(2,1,1) | 622.3392 | 642.3369 | | ARIMA(3,1,0) | 662.3607 | 677.8589 |
| | ARIMA(2,1,2) | 729.0247 | 704.0200 | | ARIMA(4,1,1) | 620.0242 | 645.0213 | | ARIMA(3,1,1) | 658.8780 | 678.8757 |
| ARIMA(15,1,0) | 724.8807 | 784.8737 | ARIMA(4,1,0) | 618.0323 | 638.0308 | ARIMA(4,1,0) | 660.8917 | 680.8894 | | | |
| ARIMA(16,1,0) | 743.7806 | 863.7667 | ARIMA(4,1,1) | 604.5324 | 638.5289 | ARIMA(4,1,1) | 660.9123 | 685.9095 | | | |
| Model | ARIMA(1,1,0) | 627.6375 | 632.6369 | Model | ARIMA(2,1,0) | 671.1434 | 681.1422 | Model | ARIMA(1,1,0) | 679.0979 | 689.0968 |
| | ARIMA(1,1,1) | 615.7803 | 625.7792 | | ARIMA(2,1,1) | 658.9776 | 678.9753 | | ARIMA(1,1,1) | 677.0748 | 687.0743 |
| | ARIMA(2,1,0) | 625.5594 | 635.5582 | | ARIMA(2,1,1) | 645.7911 | 670.6982 | | ARIMA(0,1,1) | 681.0891 | 696.0874 |
| | ARIMA(2,1,1) | 617.3015 | 632.1002 | | ARIMA(3,1,0) | 646.3975 | 661.3958 | | ARIMA(4,1,0) | 678.0995 | 698.0971 |
| | ARIMA(3,1,0) | 624.0292 | 639.0275 | | ARIMA(3,1,2) | 642.2127 | 667.2098 | | ARIMA(10,1,0) | 675.0704 | 800.0766 |
| | ARIMA(3,1,1) | 621.0830 | 641.0813 | | ARIMA(3,1,3) | 644.0140 | 674.0105 | | ARIMA(10,1,1) | 664.8202 | 699.8152 |
| ARIMA(5,1,0) | 610.4784 | 635.4755 | ARIMA(2,1,6) | 652.6424 | 682.6378 | ARIMA(11,1,0) | 675.7493 | 770.7383 | | | |
| ARIMA(5,1,1) | 607.8097 | 637.8063 | ARIMA(3,1,6) | 646.1066 | 691.1014 | ARIMA(11,1,1) | 657.1511 | 727.1461 | | | |
| Model | ARIMA(1,1,0) | 627.6375 | 632.6369 | Model | ARIMA(2,1,0) | 671.1434 | 681.1422 | Model | ARIMA(1,1,0) | 679.0979 | 689.0968 |
| | ARIMA(1,1,1) | 615.7803 | 625.7792 | | ARIMA(2,1,1) | 658.9776 | 678.9753 | | ARIMA(1,1,1) | 677.0748 | 687.0743 |
| | ARIMA(2,1,0) | 625.5594 | 635.5582 | | ARIMA(2,1,1) | 645.7911 | 670.6982 | | ARIMA(0,1,1) | 681.0891 | 696.0874 |
| | ARIMA(2,1,1) | 617.3015 | 632.1002 | | ARIMA(3,1,0) | 646.3975 | 661.3958 | | ARIMA(4,1,0) | 678.0995 | 698.0971 |
| | ARIMA(3,1,0) | 624.0292 | 639.0275 | | ARIMA(3,1,2) | 642.2127 | 667.2098 | | ARIMA(10,1,0) | 675.0704 | 800.0766 |
| | ARIMA(3,1,1) | 621.0830 | 641.0813 | | ARIMA(3,1,3) | 644.0140 | 674.0105 | | ARIMA(10,1,1) | 664.8202 | 699.8152 |
| ARIMA(5,1,0) | 610.4784 | 635.4755 | ARIMA(2,1,6) | 652.6424 | 682.6378 | ARIMA(11,1,0) | 675.7493 | 770.7383 | | | |
| ARIMA(5,1,1) | 607.8097 | 637.8063 | ARIMA(3,1,6) | 646.1066 | 691.1014 | ARIMA(11,1,1) | 657.1511 | 727.1461 | | | |

Gambar 6. Hasil Nilai AIC dan BIC untuk beberapa Model Deret Waktu

Gambar di atas memberikan informasi nilai AIC dan BIC. Menurut Cryer (2008), BIC cenderung digunakan karena secara eksperimen terbukti BIC menghasilkan model lebih akurat dibandingkan AIC. Sehingga nilai BIC lebih dipertimbangkan dalam pemilihan model. Nilai BIC yang terkecil diperoleh model yang paling sesuai dengan data, sehingga didapatkan model deret waktu yang sesuai dengan data curah hujan 12 lokasi beserta parameternya pada Gambar 7. Dari tabel tersebut, data curah hujan dari 12 lokasi sebagian besar sesuai dengan model

| Stasiun | Model | μ | α_1 | α_2 | α_3 | θ |
|---------------------|--------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|
| Bondung Empang | ARIMA(1,1,1) | 0.254098 | 0.0349969 | | | -1 |
| Cibodas | ARIMA(1,1,0) | 1.14675 | -0.384807 | | | |
| Cihideung | ARIMA(1,1,1) | -0.368017 | 0.5648 | | | -0.984152 |
| Ciriung | ARIMA(1,1,1) | 0.0260689 | 0.605779 | | | -1 |
| Kec. Ciawi | ARIMA(1,1,1) | -0.15068 | 0.474274 | | | -0.888935 |
| Klapanunggal | ARIMA(1,1,1) | 0.286114 | 0.748254 | | | -1 |
| Lanud Atang Sanjaya | ARIMA(1,1,0) | 0.516099 | -0.0653368 | | | |
| Perk. Cikasungka | ARIMA(1,1,1) | -0.194722 | 0.569155 | | | -1 |
| Perk. Gunung Mas | ARIMA(1,1,1) | 0.156919 | 0.697262 | | | -1 |
| Perk. Pondok Gedeh | ARIMA(1,1,1) | 0.348373 | 0.428153 | | | -1 |
| Stamet Citeko | ARIMA(3,1,0) | 0.157103 | -0.0663907 | -0.210246 | -0.578286 | |
| Staklim Darmaga | ARIMA(1,1,1) | -2.22928 | -0.415784 | | | 0.0916282 |

ARIMA(1,1,1).

Gambar 7. Hasil Model Deret Waktu Terbaik dan Parameternya

Hutomo Atman Maulana

Setelah identifikasi model, estimasi parameter dan uji diagnostik maka dilakukan prediksi berdasarkan model terpilih. Prediksi nilai curah hujan 5 waktu kedepan dari 12 lokasi yaitu November - Desember 2014 dengan hasil pada Gambar 8.

| Stasiun | Model | Data ke-68 | Data ke-69 | Data ke-70 | Data ke-71 | Data ke-72 |
|---------------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Bendungan Empang | ARIMA(1,1,1) | 119.0163 | 135.8203 | 141.2488 | 143.0025 | 143.5691 |
| Cibodas | ARIMA(1,1,0) | 93.012 | 81.23 | 91.34 | 102.23 | 95.2 |
| Cihideung | ARIMA(1,1,1) | 112.43 | 146.87 | 146.23 | 138.007 | 149.92 |
| Ciriung | ARIMA(1,1,1) | 118.92 | 128.01 | 146.029 | 92.02 | 98.43 |
| Kec. Ciawi | ARIMA(1,1,1) | 102.4203 | 117.3850 | 123.7075 | 126.3787 | 127.5072 |
| Klapanunggal | ARIMA(1,1,1) | 85.5231 | 99.9947 | 111.3010 | 120.1343 | 127.0356 |
| Lanud Atang Sanjaya | ARIMA(1,1,0) | 117.9870 | 129.0400 | 142.0000 | 144.3800 | 107.9300 |
| Perk. Cikasungka | ARIMA(1,1,1) | 152.0050 | 120.8840 | 112.0600 | 117.8500 | 127.9300 |
| Perk. Gunung Mas | ARIMA(1,1,1) | 126.9300 | 165.0400 | 177.4800 | 189.4200 | 148.3800 |
| Perk. Pondok Gedeh | ARIMA(1,1,1) | 130.5200 | 102.8300 | 109.7700 | 152.7300 | 117.6600 |
| Stamet Citeko | ARIMA(3,1,0) | 78.3400 | 89.2800 | 103.7700 | 108.9400 | 109.7800 |
| Staklim Darmaga | ARIMA(1,1,1) | 126.9500 | 113.9300 | 138.4400 | 148.5600 | 158.5400 |

Gambar 8. Hasil Prediksi Lima Waktu ke Depan

| Bendungan Empang | | Cibodas | | Cihideung | | Ciriung | |
|------------------|------------|--------------------|------------|---------------------|------------|------------------|------------|
| Forecast | Nilai Real | Forecast | Nilai Real | Forecast | Nilai Real | Forecast | Nilai Real |
| 119.0163 | 53 | 93.012 | 51 | 112.43 | 120 | 118.92 | 135 |
| 135.8203 | 71 | 81.23 | 73 | 146.87 | 173 | 128.01 | 191 |
| 141.2488 | 121 | 91.34 | 86 | 146.23 | 156 | 146.029 | 120 |
| 143.0025 | 139 | 102.23 | 92 | 138.007 | 129 | 92.02 | 77 |
| 143.5691 | 126 | 95.2 | 82 | 149.92 | 183 | 98.43 | 102 |
| Kec. Ciawi | | Klapanunggal | | Lanud Atang Sanjaya | | Perk. Cikasungka | |
| Forecast | Nilai Real | Forecast | Nilai Real | Forecast | Nilai Real | Forecast | Nilai Real |
| 102.4203 | 114 | 85.5231 | 121 | 117.9870 | 123 | 152.0050 | 162 |
| 117.3850 | 134 | 99.9947 | 143 | 129.0400 | 133 | 120.8840 | 123 |
| 123.7075 | 152 | 111.3010 | 134 | 142.0000 | 121 | 112.0600 | 102 |
| 126.3787 | 123 | 120.1343 | 152 | 144.3800 | 111 | 117.8500 | 128 |
| 127.5072 | 134 | 127.0356 | 133 | 107.9300 | 103 | 127.9300 | 122 |
| Perk. Gunung Mas | | Perk. Pondok Gedeh | | Stamet Citeko | | Staklim Darmaga | |
| Forecast | Nilai Real | Forecast | Nilai Real | Forecast | Nilai Real | Forecast | Nilai Real |
| 126.9300 | 118 | 130.5200 | 124 | 78.3400 | 91 | 126.9500 | 119 |
| 165.0400 | 203 | 102.8300 | 112 | 89.2800 | 113 | 113.9300 | 113 |
| 177.4800 | 193 | 109.7700 | 137 | 103.7700 | 127 | 138.4400 | 104 |
| 189.4200 | 156 | 152.7300 | 129 | 108.9400 | 116 | 148.5600 | 129 |
| 148.3800 | 134 | 117.6600 | 112 | 109.7800 | 103 | 158.5400 | 123 |

Gambar 9. Perbandingan Data Prediksi dan Data Asli Berdasarkan Model Deret Waktu

5. Kesimpulan dan Saran

Dari analisis data menggunakan model deret waktu didapatkan hasil prediksi dan prakiraan masing-masing. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sebagian besar 12 stasiun di Bogor pada periode pertama, kedua sampai kelima, prediksi deret waktu nya lebih mendekati data asli (sebenarnya). Khususnya Prediksi Stasiun Cikasungka lebih dekat dengan data sebenarnya. Pada penelitian ini peramalan curah hujan menggunakan analisis deret waktu

sehingga hanya bisa untuk daerah sesuai dengan data yang digunakan. Oleh karena itu untuk penelitian selanjutnya bisa menggunakan Semivariogram atau kriggin untuk melakukan peramalan di daerah sekitarnya.

Daftar Pustaka

- [1] Cryer, Jonathan D. and Kung-Sik Chan, 2008. *Time Series Analysis with Application in R, second edition*, Iowa City: Springer.
- [2] Mukhaiyar, Utriweni. 2015. Catatan Kuliah Topik Statistika II. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [3] Data Iklim. Sumber: <http://dataonline.bmkg.go.id>, diakses pada April 2015.
- [4] Wei, W.W.S., 1994. *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods, Second Edition*, Addison Wesley.