

# Pemodelan Debit Sungai Bedadung Menggunakan Metode *Autoregressive Moving Average (ARMA)*

R. Setyaningtyas

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember, Jember, INDONESIA  
seru2tyas@yahoo.com

Irawati

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember, Jember, INDONESIA  
irawatikoen4@gmail.com

## INTISARI

Sungai Bedadung adalah sungai terbesar dan terpanjang di Kabupaten Jember yang keberadaannya sangat vital bagi masyarakat, terutama untuk air irigasi, sumber air baku Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM), dan kebutuhan domestik serta industri lainnya, sehingga kontinuitas debitnya harus di jaga, terutama untuk kepentingan perencanaan, baik debit banjir dan juga debit pengolahan air minum. Debit air sungai cenderung tidak stabil, sehingga diperlukan upaya untuk mengatasi ketidakstabilan debit tersebut, salah satunya dengan melakukan peramalan. Debit air sungai dipengaruhi oleh curah hujan, dimana keduanya membangun data deret waktu (*time series*), sehingga peramalan debit air sungai dapat dilakukan dengan pemodelan regresi deret waktu. Penelitian ini menggunakan metode *Autoregressive Moving Average (ARMA)*. Berdasarkan data sekunder debit air Sungai Bedadung di stasiun KBe1 tahun 2005 – 2009 serta analisis kebaikan model menggunakan nilai *Mean Square Error (MSE)* dan *fitting* model, menunjukkan metode *ARMA* cukup baik dimana model terbaik adalah model *ARMA (2,2)*. Model *ARMA (2,2)* ini memiliki nilai *MSE* terkecil yaitu 0,3602, sedangkan pola ramalan model sudah cukup baik, yang ditunjukkan oleh *fits* model antara data asli dengan hasil peramalan memiliki pola yang hampir sama, dan mengikuti pola data *out sample*.

Kata kunci: debit air sungai, *time series*, metode *autoregressivemoving average (ARMA)*, Sungai Bedadung

## 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sungai Bedadung adalah sungai terbesar yang mengalir di Kabupaten Jember, dengan hulu sungai berada di Gunung Argopuro dan muara di Laut Selatan tepatnya di Nusa Barong Kecamatan Puger. Panjang Sungai Bedadung adalah 48,75 km dengan Daerah Aliran Sungai (DAS) seluas 1.190 km<sup>2</sup> (Departemen PU Provinsi Jatim, 2005). Menurut Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Brantas (2008), sungai ini merupakan sumber air utama untuk irigasi dengan luas Daerah Irigasi (DI) 13.245 ha. Selain itu air Sungai Bedadung juga digunakan sebagai air baku air minum oleh PDAM Jember (Pemerintah Kabupaten Jember, 2002).

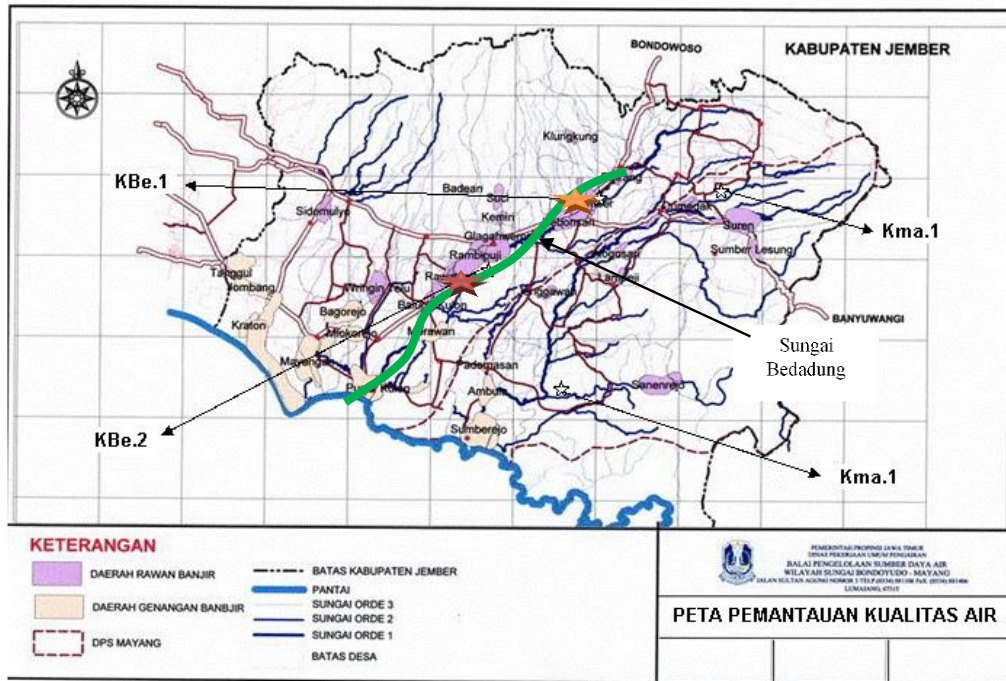
Sungai Bedadung memiliki dua stasiun/titik pantau kualitas dan debit air yaitu di Jembatan Antirejo Sumpersari (kode pos: KBe1) dan di Dam Bedadung Rambipuji (kode pos: KBe2) seperti terlihat dalam Gambar 1. Debit air Sungai Bedadung tidak stabil dan sangat tergantung pada musim, dimana pada musim hujan debitnya sangat besar bahkan dibeberapa tempat sampai meluap hingga terjadi banjir, sedangkan pada musim kemarau debitnya menjadi sangat rendah; sehingga data yang diperoleh sangat fluktuatif dan tidak stabil. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk mengantisipasi ketidakstabilan data aliran sungai

tersebut. Salah satunya adalah dengan peramalan debit air sungai menggunakan analisis *time series*, seperti model *Autoregressive Moving Average (ARMA)* (Mohammadi dkk, 2006).

Dalam penelitian ini digunakan metode *ARMA* untuk memodelkan debit air Sungai Bedadung, tepatnya di stasiun KBe1. Pemilihan stasiun ini berdasarkan pertimbangan lokasinya sekitar 3 km sebelum *intake* PDAM Jember, sehingga diharapkan hasil penelitian ini dapat digunakan untuk meramalkan debit pengolahan air minum di PDAM Jember. Sedangkan tujuan penelitian ini adalah membuat model ramalan debit air sungai di stasiun KBe1 Sungai Bedadung-Jember.

### 1.2 Debit Air Sungai

Debit air sungai adalah tinggi permukaan air sungai yang terukur oleh alat ukur permukaan air sungai (Mulyana, 2007). Pengukurannya dilakukan tiap hari pada jam-jam tertentu. Faktor utama yang mempengaruhi ketinggian air sungai adalah curah hujan yang terjadi di hulu tempat alat ukur permukaan air sungai diletakkan. Karena curah hujan merupakan data deret waktu yang memiliki komponen musiman dan siklus tahunan dengan karakteristik musim hujan panjang (kemarau pendek), atau kemarau panjang



Gambar 1. Peta pemantauan kualitas air sungai di Kabupaten Jember (Sumber: Balai Pengelolaan Sumberdaya Air Wilayah Sungai (BPSAWS) Bondoyudo-Mayang)

(musim hujan pendek), maka data debit air sungai yang digunakan untuk pemodelan debit air sungai dapat dilakukan berdasarkan analisis data deret waktu (time series).

1.3 Data Deret Waktu (Time Series)

Time series merupakan serangkaian data pengamatan yang berasal dari satu sumber tetap, terjadi berdasarkan indeks waktu secara berurutan dengan interval waktu yang tetap (Cryer, 1986). Setiap pengamatan dinyatakan sebagai variabel random  $Z_t$  dengan fungsi kepadatan  $f(Z_t)$  yang dapat dipasangkan dengan indeks waktu  $t_i$  yaitu  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$  dan  $t_1, t_2, \dots, t_n$  sebagai urutan waktu pengamatan. Sehingga penulisan untuk data time series yang diamati adalah  $Z_{t_1}, Z_{t_2}, \dots, Z_{t_n}$ .

Analisis time series memerlukan syarat kestasioneran data baik dalam varian ( $\sigma^2$ ) maupun dalam mean ( $\mu$ ). Suatu data time series dikatakan stasioner jika tidak ada perubahan trend dalam  $\mu$  dan perubahan  $\sigma^2$  dalam berbagai interval waktu. Ini berarti bahwa deret  $Z_t$  akan berfluktuasi di sekitar nilai  $\mu$  dan  $\sigma^2$  yang tetap, dan dapat dikatakan bahwa deret  $Z_t$  stasioner dalam  $\mu$  dan  $\sigma^2$  (Wei, 2006).

1.4 Model Autoregressive Moving Average/ARMA (p,q)

Model ini merupakan gabungan antara Autoregressive AR(p) dan Moving Average MA(q), yang dapat ditulis

dalam bentuk  $\phi_p(B)\dot{Z}_t = \theta_q(B)a_t$  atau dalam bentuk model peramalan yaitu:

$$\dot{Z}_t = \phi_1\dot{Z}_{t-1} + \dots + \phi_p\dot{Z}_{t-p} + a_t - \theta_1a_{t-1} - \dots - \theta_qa_{t-q}$$

dengan  $\dot{Z}_t = Z_t - \mu$  dan  $a_t$  suatu proses white noise dimana  $E(a_t) = 0$  dan  $var(a_t) = \sigma_a^2$ .

2 METODOLOGI

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif menggunakan analisis time series metode ARMA. Data sekundernya adalah debit air sungai di stasiun KBe1 Sungai Bedadung hasil monitoring bulanan mulai tahun 2005 – 2009 sebanyak 60 data yang diperoleh dari BPSAWS Bondoyudo-Mayang di Lumajang. Data ini digunakan untuk membangun model (in-sample) sekaligus untuk mengecek ketepatan model (out-sample).

Diagram alir pembentukan model ARMA ditampilkan dalam Gambar L1 (Lampiran 1). Pemodelan dilakukan pada data in-sample, dengan pemilihan model terbaik berdasarkan nilai MSE terkecil. Selanjutnya kebaikan model diuji dengan melakukan peramalan untuk data out-sample. Plot time series model ramalan yang baik memiliki pola yang mengikuti pola data out-sample.

2.1 Tahapan Analisis Data *Time Series*

2.1.1 Identifikasi model *ARMA*

Identifikasi model ini ditentukan melalui pola atau struktur dari matriks korelasi sampel dan matriks korelasi parsial, setelah sebelumnya dilakukan transformasi atau *differencing* untuk meredam ketidakstasioneran data melalui plot *time series* dan plot *matriks autocorrelatin function (MACF)* maupun *matriks partial autocorrelation function (MPACF)* dari data.

2.1.2 Estimasi parameter model

Setelah dilakukan identifikasi pada model *ARMA* serta diketahui dugaan model *ARMA*, maka langkah selanjutnya adalah melakukan estimasi terhadap parameter-parameter modelnya, kemudian dilakukan uji signifikansi parameter atau keberartian model.

2.1.3 Pemilihan model terbaik

Kriteria pemilihan model *ARMA* didasarkan pada nilai *MSE* dan *Akaike's Information Criterion (AIC)* terkecil.

2.1.4 *Diagnostic checking: white noise residual*

*White noise* didefinisikan sebagai serangkaian variabel random yang independen dan terdistribusi secara identik (Chatfield, 1996). Untuk melihat apakah residual sudah *white noise*, dapat dijelaskan melalui pengujian *Pormanteau Ljung-Box*.

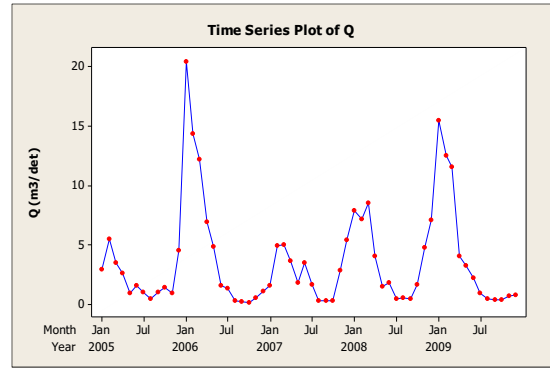
2.1.5 Uji kenormalan residual

Pengujian asumsi kenormalan residual model *ARMA* dilakukan dengan uji *Kolmogorov-Smirnov* (Daniel, 1989).

3 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

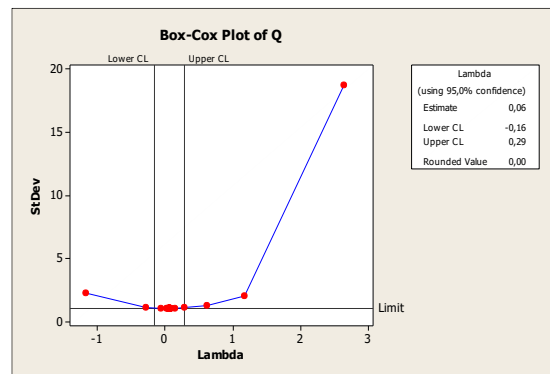
3.1 Analisis Deskriptif

Analisis ini dilakukan untuk melihat karakteristik data debit selama 5 tahun (2005 – 2009). Gambar 2 menggambarkan pola *time series* data debit stasiun KBe1 (*Q\_KBe1*) Sungai Bedadung selama periode Januari 2005 – Desember 2009. Pola *time series* *Q\_KBe1* memiliki 2 (dua) kecenderungan, yaitu naik dan turun dengan interval waktu yang sama. Pola naik terjadi antara bulan Desember - Mei, yaitu saat musim hujan. Sedangkan pola turun terjadi pada bulan Juni - Nopember yaitu saat musim kemarau. Sehingga untuk data debit diduga terdapat efek musiman. Deskripsi variabel secara umum ditunjukkan dalam Tabel 1.

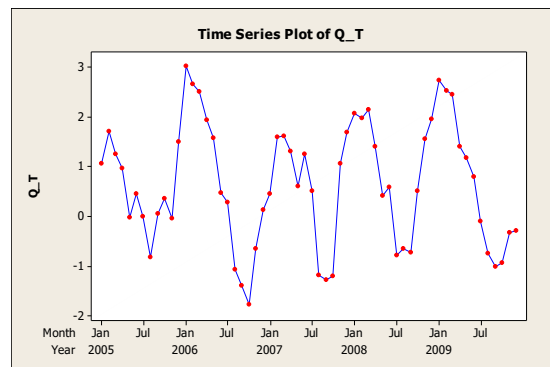


Gambar 2. Plot data debit *Q\_KBe1* Sungai Bedadung.

Dari Tabel 1 terlihat debit merupakan variabel yang cenderung fluktuatif dengan nilai koefisien variansi sebesar 1,1727, berarti rata-rata penyimpangan data adalah 117,27%. Banyak faktor yang menyebabkan besarnya koefisien variansi debit tersebut, yaitu adanya kesalahan pengukuran (*human error*) maupun faktor alam. Selain itu, debit yang berfluktuasi juga disebabkan oleh kondisi Sungai Bedadung yang mempunyai banyak anak sungai, sehingga pada saat musim hujan debit air sangat besar (maksimum 20,358 m<sup>3</sup>/detik), sedangkan saat musim kemarau turun sampai minimal 0,169 m<sup>3</sup>/detik



(a)



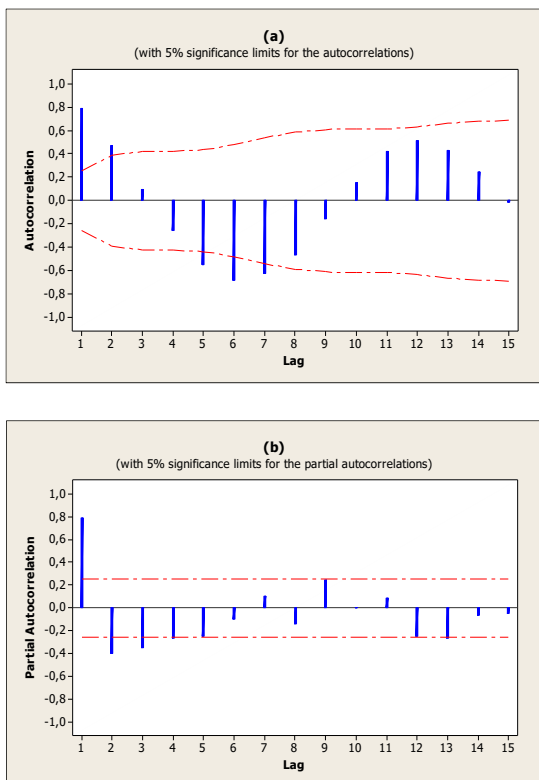
(b)

Gambar 3 (a) Box-Cox plot data *Q\_KBe1*; (b) Plot *time series* *Q\_KBe1* setelah ditransformasi *ln*.

Tabel 1. Uji Deskriptif Data Debit Stasiun KBe1 Sungai Bedadung-Jember.

Variabel	N	Mean	St Deviasi	CoefVariance	Min	Max
Q (m <sup>3</sup> /detik)	60	3,668	4,302	1,1727	0,169	20,358

Sumber: Hasil *running* MINITAB 15



Gambar 4 (a) Plot ACF Q\_KBe1 transformasi; (b) Plot PACF Q\_KBe1 transformasi.

### 3.2 Pemodelan ARMA untuk Debit Q\_KBe1 Sungai Bedadung

Stasioneritas *varian* data debit Q\_KBe1 dapat dilihat dalam Box-Cox plot pada Gambar 3a, yang menunjukkan data tidak stasioner dalam *varian* karena mempunyai nilai estimasi  $\lambda=0,06$  sehingga harus ditransformasi *lognormal* ( $\ln$ ). Plot *time series* sesudah transformasi ditunjukkan dalam Gambar 3b. Kemudian untuk melihat kestasioneran dalam *mean* dapat dilihat dalam plot ACF-PACF Q\_KBe1 pada Gambar 4.

Tabel 2. Uji Kesesuaian Model ARMA (2,2) Variabel Q\_KBe1

Model Dugaan	Lag	Uji White Noise			Uji Kenormalan		
		Q	P-value	Keputusan	KS	P-value	Keputusan
ARMA (2,2)	12	11,8	0,107	Gagal tolak $H_0$	0,082	>0,150	Gagal tolak $H_0$
	24	22,9	0,243	Gagal tolak $H_0$			
	36	32,1	0,412	Gagal tolak $H_0$			
	48	37,8	0,695	Gagal tolak $H_0$			

Sumber: hasil *running* MINITAB 15

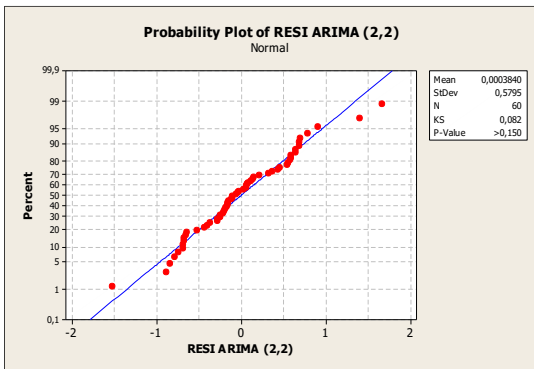
Gambar 4 menunjukkan data sudah stasioner dalam *mean* yang ditunjukkan oleh *lag* pada plot ACF dan PACF memiliki pola menurun dengan cepat menuju nol, sehingga data tidak perlu *differencing* dan model dugaannya adalah model ARMA. Dari kedua plot ACF dan PACF data transformasi Q\_KBe1 dapat dilihat bahwa *lag* yang keluar dari batas sama-sama pada lag ke-1 dan ke-2. Sehingga diperoleh model ARMA dugaan sebagai berikut:

- a) ARMA (0,1) dan ARMA (0,2)
- b) ARMA (1,0) dan ARMA (2,0)
- c) ARMA (1,1), ARMA (1,2), ARMA (2,1) dan ARMA (2,2)

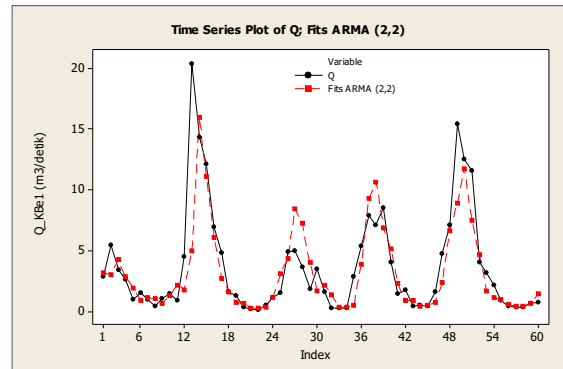
Setelah diperoleh beberapa model dugaan, maka selanjutnya dilakukan uji signifikansi parameter model. Hasil estimasi dan uji signifikansi parameter ditunjukkan dalam Tabel L1 (Lampiran 2).

Hasil pengujian parameter menunjukkan bahwa model dugaan yang memenuhi signifikansi parameter adalah ARMA (0,1), ARMA (0,2) dan ARMA (2,2). Adapun yang dipilih kemudian adalah model ARMA dengan nilai MSE terkecil, yaitu ARMA (2,2) dengan nilai MSE=0,3602. Selanjutnya dilakukan pengujian kesesuaian model dengan uji *white noise* dan kenormalan residual dalam Tabel 2.

Dari Tabel 2 diperoleh keputusan bahwa residual pada model ARMA (2,2) sampai pada *lag* ke-48 nilai p-value > 5% sehingga gagal menolak  $H_0$ , yang berarti residual sudah *white noise* dan berdistribusi normal (Gambar 5). Oleh karena itu model ARMA (2,2) ini bisa digunakan sebagai model peramalan untuk Q\_KBe1 Sungai Bedadung.



Gambar 5. Plot probabilitas residual untuk model ARMA (2,2).



Gambar 6. Plot data Q\_KBe1 (Q<sub>t</sub>) dan hasil perhitungan model ARMA(2,2).

Berdasarkan rumus dasar model ARMA dan karena data Q\_KBe1 ditransformasi ln, maka persamaan model peramalan ARMA (2,2) untuk Q\_KBe1 Sungai Bedadung dapat dinyatakan sebagai berikut:

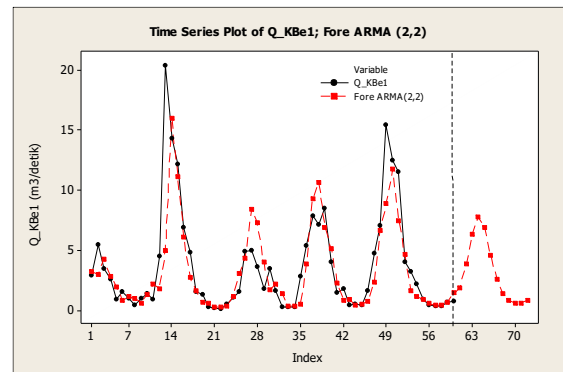
$$\ln \hat{Q}_t = 1,71 \hat{Q}_{t-1} - 0,94 \hat{Q}_{t-2} + 0,156 - a_{t-1} + 0,3a_{t-2} \quad (1)$$

$$\hat{Q}_t = e^{(1,71 \hat{Q}_{t-1} - 0,94 \hat{Q}_{t-2} + 0,156 - a_{t-1} + 0,3a_{t-2})} \quad (2)$$

Persamaan 1 dan 2 menunjukkan bahwa harga debit rata-rata (Q<sub>t</sub>) di stasiun KBe1 Sungai Bedadung pada waktu ke-t merupakan fungsi eksponensial dari debit rata-rata satu bulan sebelumnya (Q<sub>t-1</sub>) dan dua bulan sebelumnya (Q<sub>t-2</sub>). Plot hasil perhitungan Q\_KBe1 (fits) dengan ARMA (2,2) dibandingkan dengan plot data asli selama 60 periode dapat dilihat dalam Gambar 6, yang menunjukkan bahwa pola dalam fits model ARMA (2,2) sudah sesuai dengan pola data asli. Sehingga dapat dikatakan model ARMA (2,2) sudah sesuai dan layak digunakan untuk meramalkan debit di stasiun KBe1 Sungai Bedadung. Adapun hasil ramalan Q\_KBe1 selama 12 periode yaitu Januari 2010 – Desember 2010 ditampilkan dalam Tabel 3. Sedangkan plot time series hasil peramalan dan data asli ditampilkan dalam Gambar 7, dimana antara hasil peramalan dan data asli memiliki pola yang hampir sama

Berdasarkan hasil peramalan Q\_KBe1 dalam Tabel 3 terlihat debit sungai maksimum adalah pada bulan April 2010 sebesar 7,79 m<sup>3</sup>/detik dan minimum pada bulan Nopember 2010 sebesar 0,65 m<sup>3</sup>/detik. Hal ini sesuai dengan data asli pada Gambar 2, dimana pada bulan Januari – Juni (musim hujan) debit sungai lebih besar daripada bulan Juli – Desember (musim kemarau).

Plot time series pada Gambar 7 menunjukkan fits model antara data asli dengan hasil peramalan memiliki pola yang hampir sama, sehingga dapat dikatakan model ARMA (2,2)



Gambar 7. Plot time series data asli Q\_KBe1 dan hasil peramalan model ARMA (2,2).

Tabel 3. Data Hasil Peramalan debit Q\_KBe1 dengan Model ARMA (2,2)

Periode	Hasil Peramalan Q_KBe1 (m <sup>3</sup> /detik)	Periode	Hasil Peramalan Q_KBe1 (m <sup>3</sup> /detik)
Januari 2010	1,94	Juli 2010	2,60
Februari 2010	3,87	Agustus 2010	1,42
Maret 2010	6,36	September 2010	0,87
April 2010	7,79	Oktober 2010	0,66
Mei 2010	6,89	Nopember 2010	0,65
Juni 2010	4,61	Desember 2010	0,83

Sumber: Hasil running MINITAB 15

cukup baik digunakan sebagai model peramalan konsentrasi debit di Stasiun KBe1 Sungai Bedadung Jember.

#### 4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa metode Autoregressive Moving Average (ARMA) cukup baik digunakan untuk memodelkan debit air sungai di stasiun KBe1 Sungai Bedadung, dengan model terbaik adalah model ARMA (2,2). Model ARMA (2,2) ini memiliki nilai MSE terkecil yaitu 0,3602,

sedangkan pola ramalan model sudah cukup baik dan mengikuti pola data *out sample*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Yayasan Universitas Muhammadiyah Jember atas bantuan biaya pada skim Penelitian Dosen Yayasan Tahun Anggaran 2013 – 2014; juga ucapan terima kasih kepada BPSAWS Bondoyudo-Mayang di Lumajang atas kerjasamanya dalam memberikan data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini.

REFERENSI

BBWS Brantas. (2008). “*Daerah Irigasi Menurut Kewenangannya*.” Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Sumberdaya Air Direktorat Irigasi, Provinsi Jawa Timur.

Chatfield, C. (1996). “*The Analysis of Time Series, An Introduction*.” Chapman and Hall, London.

Cryer, J.D. (1986). “*Time Series Analysis*.” Duxbury Press, Boston.

Daniel, W.W. (1989). “*Statistika Non Parametrik Terapan*.” Penerbit PT. Gramedia, Jakarta.

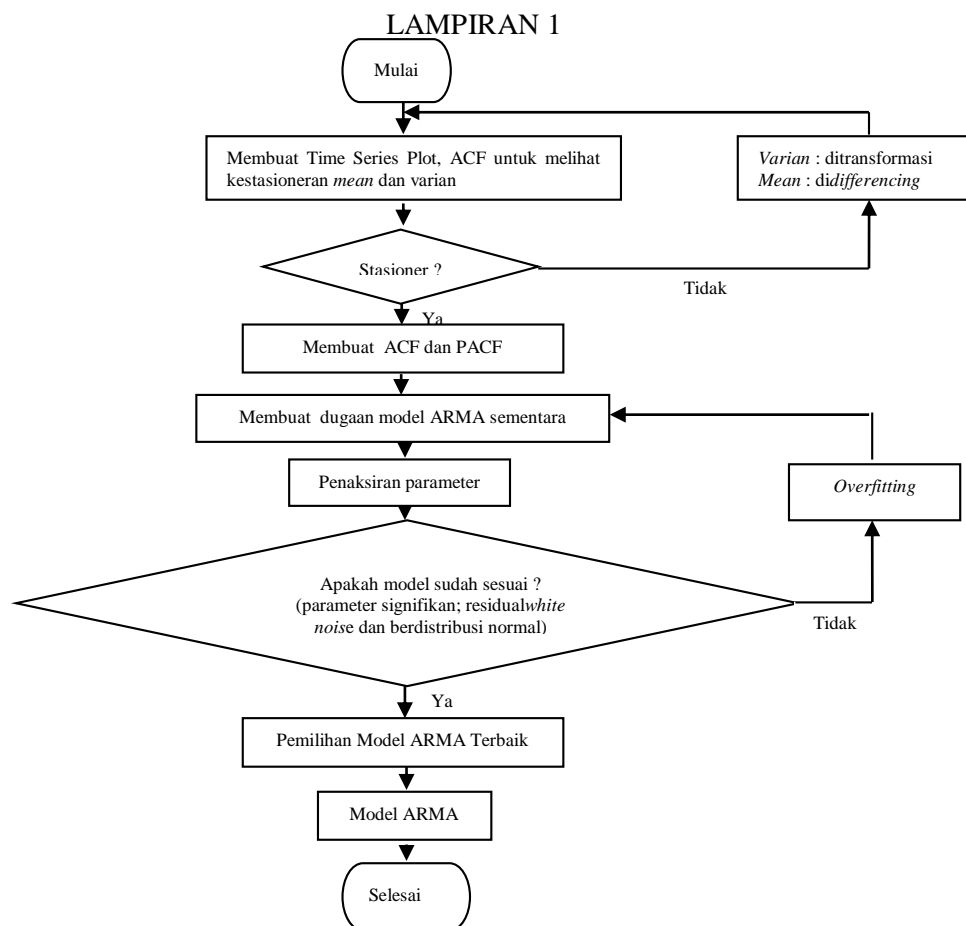
Departemen PU Provinsi Jatim. (2005). “*Data Sungai Dinas Pengairan Provinsi Jawa Timur*.”

Mohammadi, K., Eslami, H.R. & Kahwita, R.M. (2006). “*Parameter Estimation of An ARMA Model for River Flow Forecasting Using Goal Programming*.” *Journal of Hydrology* 331, 293-299.

Mulyana. (2007). “*Pemodelan Debit Air Sungai, Studi Kasus: DAS Cikapundung*.” Lokakarya Sistem Informasi Pengelolaan DAS: Inisiatif Pengembangan Infrastruktur Data, IPB, Bogor.

Pemerintah Kabupaten Jember. (2002). “*Kota Jember*” (online) <http://ciptakarya.pu.go.id/profil/profil/barat/jatim/jember.pdf>

Wei, W.W.S. (2006). “*Time Series Analysis, Univariate and Multivariate Methods*.” Addison Wesley Publishing Company, Canada.



Gambar L1. Diagram alir tahap pembentukan model ARMA