
PENGARUH PERBEDAAN RERATA DATA DEBIT PADA PEMODELAN HIDROLOGI DERET BERKALA UNTUK PERAMALAN DEBIT SUNGAI DENGAN METODE ARFIMA

Pitojo Tri Juwono
Dosen Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

ABSTRAK

Debit sungai merupakan salah satu parameter hidrologi yang sangat penting dalam bidang Teknik Sipil. Mengingat pentingnya data debit sungai dan peramalannya di masa mendatang, menyebabkan meningkatnya kebutuhan pemodelan hidrologi time series yang mampu menirukan dan meramalkan perilaku dari suatu rangkaian data debit historis dari suatu sungai. Perbedaan rerata data debit dalam membangun model hidrologi deret berkala diduga akan mempengaruhi kinerja model hidrologi tersebut untuk peramalan debit sungai pada waktu mendatang.

Pembangunan model hidrologi deret berkala untuk peramalan debit sungai dalam penelitian ini dilakukan dengan berbasis pendekatan statistik metode ARFIMA. Lokasi penelitian dilakukan pada dua sungai besar yang terpilih di Jawa Timur, yaitu Sungai Brantas dan Sungai Bengawan Solo. Pada masing-masing sungai tersebut dilakukan penelitian untuk data debit di tiga sampel lokasi AWLR dengan panjang data debit pengamatan selama tujuh tahun.

Berdasarkan hasil analisa dalam penelitian ini memperlihatkan bahwa model hidrologi deret berkala dengan metode ARFIMA secara umum cukup mampu menirukan data debit historis dan mampu meramalkan debit di Sungai Brantas dan Sungai Bengawan Solo untuk satu tahun periode data ke depan, sehingga hal ini berguna untuk berbagai keperluan perencanaan dan pengelolaan debit di waktu mendatang.

Hal tersebut ditunjang lebih detail dari hasil analisa variasi rerata data debit menunjukkan bahwa model hidrologi time series dengan data debit 15 harian menghasilkan model hidrologi time series dengan rata-rata kriteria statistik in sample MSE dan AIC serta out sample MSE dan MAD yang relatif lebih baik dibandingkan dengan model hidrologi untuk data debit 10 harian dan data debit bulanan. Untuk data debit dengan rerata 15 harian di Sungai Brantas menghasilkan rata-rata kriteria pemilihan model dengan MSE dan AIC sebesar 0,046 dan -494,883 serta untuk peramalan debit sungai satu tahun berikutnya diperoleh MSE dan MAD 0,141 dan 0,174. Sedangkan pada Sungai Bengawan Solo menghasilkan rata-rata kriteria pemilihan model dengan MSE dan AIC 0,104 dan -532,096 serta untuk peramalan debit sungai satu tahun berikutnya diperoleh MSE dan MAD 0,837 dan 0,377.

Kata kunci : Pemodelan Hidrologi Deret Berkala, Peramalan Debit, Rerata Debit

ABSTRACT

River discharge one of hydrology parameter is very crucial in civil engineering. Regarding the significance of river discharge data and its forecasting in the future, there is an increasing need of hydrology time series model which is able to imitate and forecasting the behavior of historical series of discharge data from river. The different in

terms of average discharge data in construction hydrology time series model is expected to influence the performance of the model to forecasting river discharge in the future.

Construction of hydrology time series model in this study to give statistic based forecasting of river discharge using ARFIMA method is conducted in the location of two main river in East Java namely Brantas and Bengawan Solo River. In each river, data of river discharge are taken from three sample locations AWLR with the 7 years long of discharge data observation.

The result of analysis in this study shows that hydrology time series model with ARFIMA method is adequately able to imitate historical data and forecasting discharge in Brantas and Bengawan Solo river.

The result of analysis different in term of average discharge data show that hydrology time series model with 15 daily average discharge data is able to produce hydrology time series model with average of statistical criteria MSE and AIC in sample as well as criteria MSE and MAD out sample which are better than hydrology model for 10 daily and monthly discharge data. For discharge data with 15 daily average in Brantas river, it is able to produce criteria average of model selection with MSE and AIC of 0,046 and -494,883 and for river discharge forecasting for the next one year, it is able to produce MSE and MAD of 0,141 and 0,174. Meanwhile for Bengawan Solo river, it is able to produce criteria average of model selection with MSE and AIC of 0,104 and -532,096 and for river discharge forecasting for the coming year, it produce MSE and MAD of 0,837 and 0,377.

Key words : Hydrology Time Series Modelling, Discharge Forecasting, Average Discharge Data

Pendahuluan

1. Latar Belakang Masalah

Debit sungai merupakan salah satu parameter hidrologi yang sangat penting dalam bidang teknik sipil. Mengingat pentingnya data debit sungai dan peramalannya di masa mendatang, menyebabkan meningkatnya kebutuhan pemodelan hidrologi time series yang mampu menirukan dan meramalkan perilaku dari suatu rangkaian historis data debit dari suatu sungai. Variabilitas atau perbedaan rerata data debit dalam membangun model hidrologi deret berkala diduga akan mempengaruhi kinerja model hidrologi untuk peramalan debit sungai yang dihasilkan.

2. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang masalah yang diangkat, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

- a. Mendapatkan model hidrologi deret berkala yang mempunyai ukuran kinerja model terbaik dalam menirukan perilaku data debit *histories* serta mampu untuk meramalan debit sungai-sungai besar di Jawa Timur dengan metode ARFIMA.
- b. Mengetahui rerata data debit sungai yang terbaik dalam membangun model hidrologi deret berkala dalam menirukan pola data debit historis dan untuk peramalan debit sungai-sungai besar di Jawa Timur.

Tinjauan Pustaka

1. Konsep Dasar Deret Berkala

Analisis deret berkala (*time series*) merupakan sekumpulan deret pengamatan yang terjadi pada waktu

t yang diurutkan berdasarkan urutan waktu dan dengan interval waktu yang konstan. Data yang dianalisis menggunakan analisis time series haruslah mengikuti proses stokastik. Proses stokastik adalah sekumpulan variabel random yang diurutkan berdasarkan waktu yang dibatasi pada sekumpulan titik waktu yang bersifat diskrit dan kontinyu (Chatfield, 1998). Selain asumsi stokastik, asumsi lain yang harus dipenuhi adalah stasioneritas dalam data, yaitu stasioner dalam varian dan mean. Ketidakstasioneran dalam varian distabilkan dengan menerapkan *power transformation*,

yaitu : $T(y_t) = y_t^{(\lambda)} = \frac{y_t^\lambda - 1}{\lambda}$ yang

diperkenalkan oleh Box dan Cox (1964), sedangkan ketidakstasioneran dalam mean diatasi dengan differencing.

a. Kestasioneran Varian

Pemeriksaan kestasioneran varian data diantaranya dapat menggunakan uji Levene yang tidak membutuhkan asumsi kenormalan, berbeda dengan uji Bartlett yang terlebih dahulu harus memenuhi asumsi kenormalan data. Prosedur pengujian Levene adalah sebagai berikut :

Hipotesis H_0 :

$$\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2$$

H_1 : paling sedikit ada satu σ_i^2 yang tidak sama

Statistik uji Levene

$$L = \frac{(N - k) \sum_{i=1}^k n_i (m_i - m_{..})^2}{(k - 1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - m_i)^2}$$

Kriteria pengambilan keputusan

Tolak H_0 jika $L > F_{(k-1; N-k, \alpha)}$

dimana :

N = banyak total observasi

k = banyak kelompok

n_i = banyak observasi tiap kelompok ke- i

m_i = median data pada kelompok ke- i

$m_{..}$ = median untuk keseluruhan data

b. Kestasioneran Mean

Pengujian kestasioneran mean dilakukan untuk membuktikan bahwa rata-rata antar kelompok adalah sama

Hipotesis H_0 :

$$\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

H_1 : paling sedikit ada satu μ_i yang tidak sama

Statistik uji

$$F = \frac{\left[\sum_{i=1}^k \frac{y_i^2}{n_i} - \frac{y_{..}^2}{N} \right] [N - k]}{[k - 1] \left[\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}^2 - \sum_{i=1}^k \frac{y_i^2}{n_i} \right]}$$

Kriteria pengambilan keputusan

Tolak H_0 jika $F > F_{(k-1; N-k, \alpha)}$

dimana :

N = banyaknya total observasi

k = banyak kelompok

n_i = banyak observasi tiap kelompok ke- i ,

(Montgomery, 1997)

2. Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (ARFIMA)

Suatu proses dikatakan mengikuti model *Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average* jika operator pembedaan dalam model adalah real. ARFIMA disebut juga ARIMA yang nilai operator pembedaan d tidak hanya berupa nilai integer, melainkan

termasuk juga nilai-nilai real yang disebabkan oleh adanya memori jangka panjang. Model ARFIMA (p,d,q) dapat ditulis (Ooms & Doornik, 1999)

$\phi(B)\nabla^d(y_t - \mu_t) = \theta(B)\varepsilon_t, t = 1, 2, \dots, T$
dimana level integrasi d merupakan bilangan real, μ_t adalah nilai mean yang berupa konstanta dan $\varepsilon_t \sim IIDN(0, \sigma_\varepsilon^2)$. Filter pembeda ∇^d pada (2.4) disebut *Long Memory Filter* (LMF) yang menggambarkan adanya ketergantungan jangka panjang dalam deret. Filter ini diekspansikan sebagai deret Binomial : (Hosking, 1981)

$$\begin{aligned}\nabla^d &= (1 - B)^d = \sum_{j=0}^{\infty} \binom{d}{j} (-1)^j B^j \\ &= \binom{d}{0} (-1)^0 B^0 + \binom{d}{1} (-1)^1 B^1 + \binom{d}{2} (-1)^2 B^2 + \binom{d}{3} (-1)^3 B^3 + \dots \\ &= \frac{d!}{0!(d-0)!} - \frac{d!}{1!(d-1)!} B + \frac{d!}{2!(d-2)!} B^2 - \frac{d!}{3!(d-3)!} B^3 + \dots \\ &= 1 - dB + \frac{1}{2}(d-1)dB^2 - \frac{1}{6}(d-2)(d-1)dB^3 + \dots \\ &= 1 - dB - \frac{1}{2}d(1-d)B^2 - \frac{1}{6}d(1-d)(2-d)B^3 - \dots\end{aligned}$$

Asumsi-asumsi pada deret yang *fractionally integrated* yang harus dipenuhi adalah :

- $\phi(B)$ mempunyai order kurang dari atau sama dengan p , $\theta(B)$ mempunyai order kurang dari atau sama dengan q , akar-akar $\phi(B)$ dan $\theta(B)$ diluar *unit circle* dan $\varepsilon_t \sim IIDN(0, \sigma_\varepsilon^2)$
- $|d| < 0.5$.
- Akar-akar dari $\phi(B)$ sederhana, atau dengan kata lain akar-akar

polynomial *autoregressive* tidak berulang (Sowell, 1992a).

Hosking (1981) menjelaskan bahwa bentuk khusus model ARFIMA adalah proses ARFIMA $(0,d,0)$ yang mempunyai sifat-sifat dasar sebagai berikut :

- jika $d < \frac{1}{2}$, $\{y_t\}$ adalah proses stasioner dan mempunyai representasi *moving average* orde tak hingga.

$$y_t = \psi(B)\varepsilon_t = \sum_{k=0}^{\infty} \psi_k \varepsilon_{t-k}$$

dimana

$$\psi_k = \frac{d(1+d)(2+d)\dots(k-1+d)}{k!} = \frac{(k+d-1)!}{k!(d-1)!}$$

- jika $d > -\frac{1}{2}$, $\{y_t\}$ invertibel dan mempunyai representasi *autoregressive* orde tak hingga

$$\pi(B)y_t = \varepsilon_t = \sum_{k=0}^{\infty} \pi_k y_{t-k}$$

dimana

$$\pi_k = \frac{-d(1-d)(2-d)\dots(k-1-d)}{k!} = \frac{(k-d-1)!}{k!(-d-1)!}$$

- Fungsi autokovarian dari $\{y_t\}$ adalah

$$\gamma_k = E(y_t, y_{t-k}) = \frac{(-1)^k (-2d)!}{(k-d)!(-k-d)!}$$

sehingga fungsi autokorelasi dari $\{y_t\}$ adalah :

$$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} = \frac{(-d)!(k+d-1)!}{(d-1)!(k-d)!}, k = 0, \pm 1, \dots$$

dan $\gamma_0 = \frac{(-2d)!}{\{(-d)!\}^2}$ serta

$$\rho_1 = \frac{d}{(1-d)}$$

Pemodelan ARFIMA dapat diperoleh beberapa keuntungan antara lain :

- a. Mampu memodelkan perubahan yang tinggi dalam jangka panjang (*Long Term Persistence*).
- b. Mampu menjelaskan struktur korelasi jangka panjang dan jangka pendek sekaligus.
- c. Mampu memberikan model dengan parameter yang lebih sedikit (*parsimonious*) baik untuk data dengan memori jangka panjang maupun jangka pendek. (Hosking, 1981)

3. Kriteria Seleksi Model

Untuk memilih model time series yang terbaik maka digunakan beberapa kriteria pemilihan model. Perbandingan ukuran kebaikan model dilakukan berdasarkan kriteria in sample MSE (Mean Square Error) dan AIC (Akaike Information Criterion) serta out of sample MSE dan MAD (Mean Absolute Deviation) untuk kesalahan peramalan.

a. Mean Square Error (MSE).

MSE untuk model dihitung dari persamaan $MSE_{insample} = \frac{SSE}{n - n_p}$

$$\text{Dimana } SSE = \sum_{i=1}^n e_i^2$$

$e_i = X_i - \hat{X}_i$ adalah dugaan dari residual

n = banyaknya residual

n_p = banyaknya parameter yang diduga

Sedangkan MSE untuk ramalan *out of sampel* dihitung dari

$$MSE_{outsample} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M e_i^2$$

dimana M adalah panjang ramalan (Wei, 1990)

b. Akaike's Information Criterion

Akaike pada tahun 1973 memperkenalkan suatu pemilihan model terbaik dengan mempertimbangkan banyaknya parameter yang digunakan dalam model. Metode ini muncul karena menganggap bahwa model yang baik tidak cukup hanya dengan menggunakan nilai MSE terkecil, namun juga harus memenuhi prinsip parsimony. Penghitungan nilai AIC adalah sebagai berikut

$$AIC = n \ln \hat{\sigma}^2 + 2M$$

dimana M adalah banyaknya parameter yang diduga (Wei, 1990)

c. Mean Absolute Deviation (MAD)

Salah satu ukuran untuk membandingkan akurasi ramalan adalah MAD yang penghitungannya adalah sebagai berikut :

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n}$$

n = panjang ramalan (Wei, 1990)

4. Model Time series sebagai Model *Black Box*

Teknik peramalan kuantitatif sangat beragam, dikembangkan dari berbagai disiplin dan untuk berbagai maksud tujuan. Setiap teknik mempunyai sifat, ketepatan dan biaya tersendiri yang harus dipertimbangkan dalam memilih metode tertentu. (M. Spyros, et all, 1983 : 9)

Suatu dimensi tambahan untuk mengklarifikasi metode peramalan kuantitatif adalah dengan memperhatikan model yang mendasarinya. Terdapat dua jenis model peramalan yang utama, yaitu

peramalan time series (*time series*) dan model regresi (*kasual atau ekstraplanatoris*).

Pada jenis peramalan yang pertama, pendugaan masa depan didasarkan pada nilai masa lalu dari suatu variabel dan atau kesalahan masa lalu. Tujuan metode peramalan time series seperti itu adalah menemukan pola dalam deret data historis dan mengekstrapolasikan pola dalam deret data historis untuk peramalan ke masa depan.

Metode kasual atau ekstraplanatoris dipihak lain mengasumsikan bahwa faktor yang diramalkan menunjukkan suatu hubungan sebab akibat dengan satu atau lebih variabel bebas. Sebagai contoh, debit suatu sungai = fungsi dari (luas daerah aliran sungai, intensitas hujan, koefisien pengaliran, dll). Maksud dari model kasual adalah menemukan bentuk hubungan tersebut dan menggunakannya untuk meramalkan nilai mendatang dari variabel tak bebas yang ditinjau. Kedua model yaitu, time series maupun kasual mempunyai keuntungan dalam situasi tertentu. Model time series seringkali dapat digunakan dengan mudah untuk meramal, sedang model kasual dapat digunakan dengan keberhasilan yang lebih besar bila data yang diperlukan tersedia dengan baik.

Dalam penelitian ini dengan pertimbangan data yang ada di lapangan, maka dipilih model time series. Langkah penting dalam membuat model time series yang tepat adalah dengan mempertimbangkan jenis pola data, sehingga metode yang tepat dengan

pola tersebut dapat diuji. Beberapa jenis pola data antara lain :

- a. Pola hirisonal, bila nilai data berfluktuasi disekitar nilai rata-rata yang konstan.
- b. Pola musiman, bila nilai data dipengaruhi oleh faktor musiman
- c. Pola data siklis, bila nilai data dipengaruhi oleh fluktuasi jangka panjang (fluktuasi ekonomi)
- d. Pola trend, bilamana terdapat kenaikan atau penurunan jangka panjang dalam data

Berbeda dengan peramalan eksplanatoris, peramalan time series dalam penelitian ini memperlakukan sistem sebagai kotak hitam (*Black Box*) dan tidak ada usaha untuk menemukan faktor yang berpengaruh pada perilaku sistem tersebut.

Terdapat tiga alasan utama untuk memperlakukan sistem dalam penelitian ini sebagai kotak hitam, yaitu :

- a. Sistem mungkin tidak dimengerti, atau walaupun hal itu diketahui mungkin sangat sulit mengukur hubungan yang dianggap mengatur perilaku sistem tersebut.
- b. Perhatian utamanya untuk meramalkan apa yang akan terjadi dan bukan untuk mengetahui mengapa hal tersebut terjadi.
- c. Tidak tersedianya data yang akurat dari variabel bebas (karakteristik Daerah Aliran Sungai) yang diduga mempengaruhi variabel tidak bebas (debit sungai) di lokasi penelitian.

Metodologi Penelitian

1. Lokasi Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini diambil dari 2 sungai

besar terpilih di Jawa Timur, dengan metode pengambilan data dari Automatic Water Level Recorder (AWLR) yang terpasang di sungai, serta data variabel karakteristik DAS yang dimiliki oleh Pemerintah atau Perum Jasa Tirta I.

Data debit yang diperoleh dari instansi pemerintah dan Perusahaan Umum Jasa Tirta dalam penelitian ini berupa data debit harian dari Sungai Brantas pada lokasi AWLR Jeli, Kertosono dan Ploso untuk tahun pengamatan 1998 sampai 2004. Dari data debit tersebut digunakan data pengamatan selama 6 (enam) tahun dari tahun 1998 sampai 2003 untuk membangun model hidrologi time series dan data debit tahun 2004 untuk menguji hasil peramalan model hidrologi yang dihasilkan.

Sedangkan data debit harian untuk Sungai Bengawan Solo pada lokasi AWLR Jurug, Kajangan dan Bojonegoro menggunakan data tahun pengamatan data 1992 sampai 1998. Sama halnya dengan data di Sungai Brantas, maka dari data debit pengamatan selama 6 (enam) tahun dari tahun 1992 sampai 1997 untuk membangun model hidrologi time series dan data debit tahun 1998 untuk menguji hasil peramalan model hidrologi yang dihasilkan.

2. Metoda Analisis Data

Sesuai dengan tujuan penelitian, maka tahapan penelitian dapat dijelaskan secara garis besar sebagai berikut :

a. Tahap Identifikasi

Cara yang digunakan untuk mengetahui pola dalam data adalah :

- Plot *time series*.
- Plot ACF dan PACF.

- Transformasi Box-Cox untuk data non stasioner varians. (Wei, 1990)

b. Tahap Pendugaan Parameter dan Pemeriksaan Diagnostik

Nilai-nilai dari parameter yang ada diperoleh dengan menentukan beberapa model dugaan sementara (dapat lebih dari satu) untuk ARFIMA dengan metode EML, kemudian menduga parameter model dengan dua cara, antara lain :

- Coba-coba, yaitu menguji beberapa nilai yang berbeda kemudian memilih satu nilai tertentu.
- Perbaiki secara iteratif yaitu memilih penduga awal dan membiarkan program komputer memperhalus dugaan secara iteratif.

Setelah dilakukan pendugaan parameter, kemudian dilakukan pemeriksaan diagnostik yang meliputi uji signifikansi parameter, uji white noise residual dan kenormalan residual untuk membuktikan bahwa model tersebut cukup memadai dan apabila tidak maka dicari nilai dugaan yang lain.

c. Penerapan

Model yang memadai digunakan untuk melakukan paramalan *out of sample* dalam konteks potensi debit air sungai. Ramalan *out of sample* dilakukan untuk t tahap waktu ke depan.

d. Tahap Perbandingan Model

Untuk memilih model hidrologi time series yang terbaik, digunakan beberapa kriteria pemilihan model seperti *in sample* MSE dan AIC terkecil serta *out of sample* MSE dan MAD terkecil untuk kesalahan peramalan, sehingga diperoleh model

peramalan debit air sungai yang cukup handal.

e. Tahap Pengujian/Kalibrasi

Setelah melalui tahap perbandingan model dan terpilih

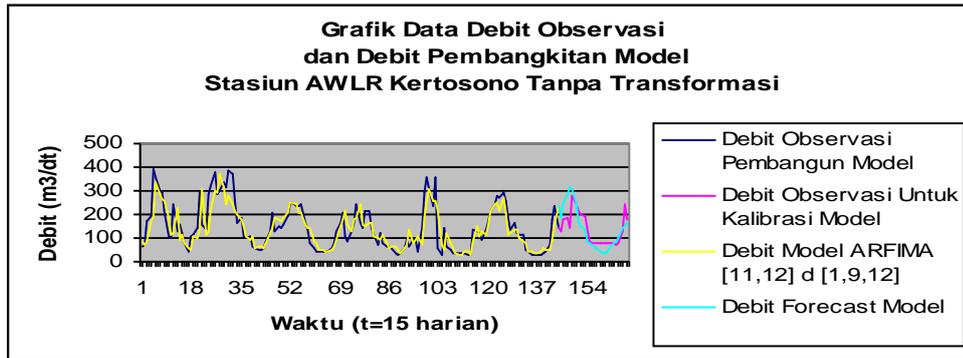
model yang terbaik, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian atau kalibrasi model dengan data debit pada deret waktu jangka panjang yang lainnya.

Hasil Analisa

Gambar visual berupa grafik hasil model hidrologi *time series* untuk data debit dengan rerata 15 harian adalah sbb :

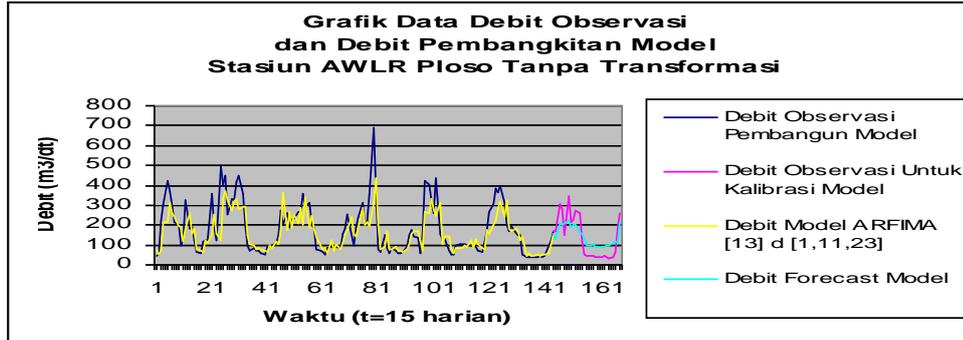
A. Sungai Brantas

1. Stasiun AWLR Kertosono



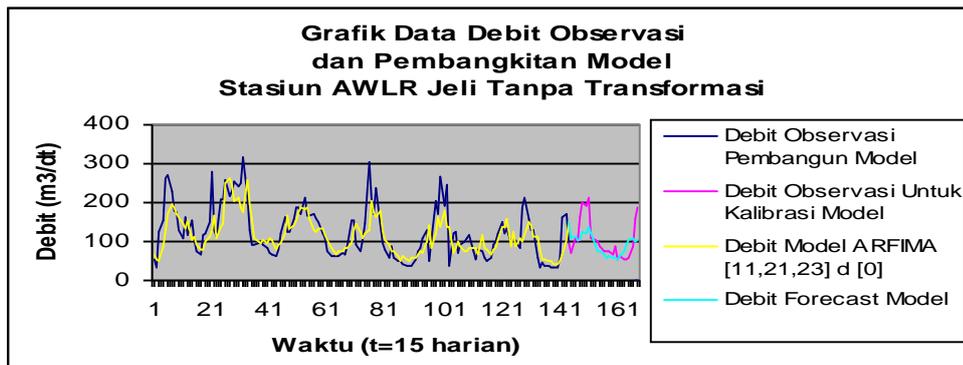
Gambar Debit observasi dan Debit Model Stasiun AWLR Kertosono

2. Stasiun AWLR Ploso



Gambar Debit observasi dan Debit Model Stasiun AWLR Ploso

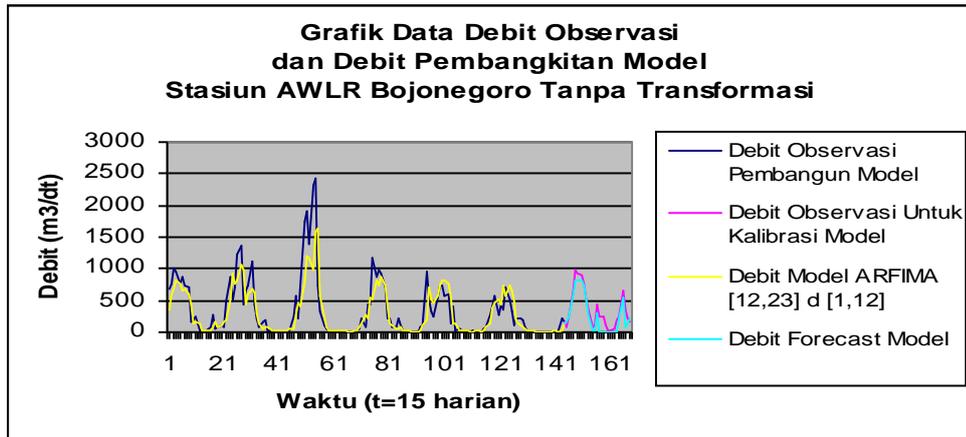
3. Stasiun AWLR Jeli



Gambar Debit observasi dan Debit Model Stasiun AWLR Jeli

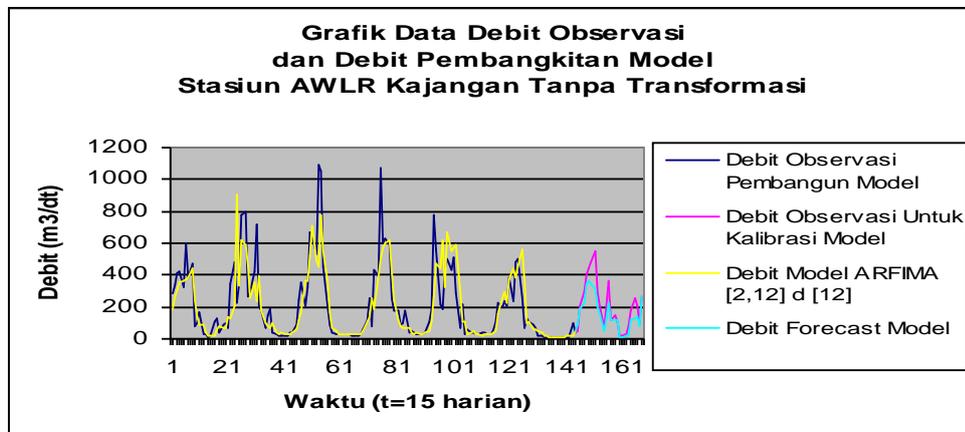
B. Sungai Bengawan Solo

1. Stasiun AWLR Bojonegoro



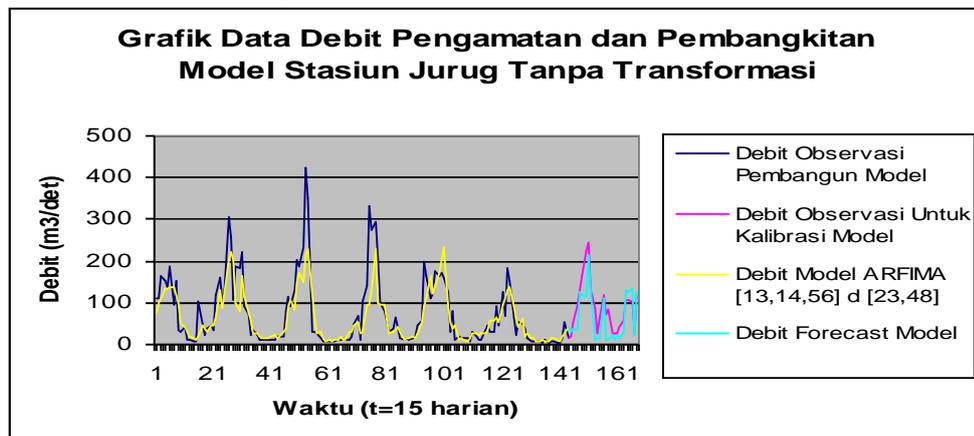
Gambar Debit observasi dan Debit Model Stasiun AWLR Bojonegoro

2. Stasiun AWLR Kajangan



Gambar Debit observasi dan Debit Model Stasiun AWLR Kajangan

3. Stasiun AWLR Jurug



Gambar Debit observasi dan Debit Model Stasiun AWLR Jurug

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dalam penelitian ini, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

- a. Model hidrologi *time series* dengan metode ARFIMA secara umum cukup mampu menirukan dan meramalkan debit historis pada masing-masing tiga lokasi Sungai Brantas dan Sungai Bengawan Solo.
- b. Dari hasil analisa variasi *rerata* data debit diperoleh hasil bahwa model hidrologi *time series* dengan data debit 15 harian menghasilkan model dengan rata-rata kriteria statistik in sample MSE dan AIC serta out sample MSE dan MAD yang lebih baik dibandingkan dengan model hidrologi untuk data debit 10 harian dan data debit bulanan.

Sungai Brantas

- Untuk data debit dengan *rerata* 15 harian
Model menghasilkan rata-rata kriteria pemilihan model dengan MSE dan AIC sebesar : 0,046 dan - 494,883 serta untuk peramalan debit sungai satu tahun berikutnya diperoleh MSE dan MAD sebesar : 0,141 dan 0,174
- Untuk data debit dengan *rerata* 10 harian
Model menghasilkan rata-rata kriteria pemilihan model dengan MSE dan AIC sebesar : 0,121 dan - 473,869 serta untuk peramalan debit sungai satu tahun berikutnya diperoleh MSE dan MAD sebesar : 0,300 dan 0,449.
- Untuk data debit dengan *rerata* bulanan

Model menghasilkan rata-rata kriteria pemilihan model dengan MSE dan AIC sebesar : 0,139 dan - 136,569 serta untuk peramalan debit sungai satu tahun berikutnya diperoleh MSE dan MAD sebesar : 0,128 dan 0,274

Sungai Bengawan Solo

- Untuk data debit dengan *rerata* 15 harian
Model menghasilkan rata-rata kriteria pemilihan model dengan MSE dan AIC sebesar : 0,104 dan - 532,096 serta untuk peramalan debit sungai satu tahun berikutnya diperoleh MSE dan MAD sebesar : 0,837 dan 0,577
- Untuk data debit dengan *rerata* 10 harian
Model menghasilkan rata-rata kriteria pemilihan model dengan MSE dan AIC sebesar : 0,406 dan - 9,628 serta untuk peramalan debit sungai satu tahun berikutnya diperoleh MSE dan MAD sebesar : 1,418 dan 0,934.
- Untuk data debit dengan *rerata* bulanan
Model menghasilkan rata-rata kriteria pemilihan model dengan MSE dan AIC sebesar : 0,420 dan - 36,476 serta untuk peramalan debit sungai satu tahun berikutnya diperoleh MSE dan MAD sebesar : 1,589 dan 0,999.

Daftar Pustaka

- Abdul B., dkk (1988), *Metode dan Aplikasi Peramalan*, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta
- Box, G.E.P., Jenkins, G.M. dan Reinsel, G.C. (1994), *Time Series Analysis: Forecasting*
-

- and Control* Edisi ketiga, Prentice-Hall International Inc., New Jersey.
- Chatfield, C. (1998), *The Analysis of Time Series: An Introduction* Edisi Kelima, Chapman and Hall, London.
- Iriawan N., dkk (2006), *Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*, Andi Offset, Yogyakarta
- Irhamah (2001), "Perbandingan Metode-Metode Pendugaan Parameter Model ARFIMA", Tesis Magister (tidak dipublikasikan), Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Mlg@jasatirta1.go.id (2006), *Pengelolaan Sumber Daya Air*, website internet, Malang
- Makridakis, S., S.C. Wheelwright, dan V.E. McGee (1999), *Metode dan Aplikasi Peramalan*, Jilid pertama edisi kedua, Binarupa Aksara, Jakarta.
- Montgomery, D.C. (1997), *Design and Analysis of Experiments* Edisi kelima, John Wiley and Sons, New York.
- Nuryana, F. (2001), "Perbandingan Pendekatan ARIMA dan ARFIMA (studi kasus Pemodelan Kecepatan Angin di Kabupaten Sumenep)", Skripsi (tidak dipublikasikan), Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Ooms, M. dan Doornik, J. (1999), "Inference and Forecasting for Fractional Autoregressive Integrated Moving Average Models, with an application to US and UK Inflation", Econometric Institute Report 9947/A. Econometric Institute, Erasmus University, Rotterdam. The Netherlands.
- Sowell, F. (1992b), "Modelling Long-run Behaviour with the Fractional ARIMA model", *Journal of Monetary Econometrics*, **29**, hal. 277-302.
- Wei, W.W.S. (1990), *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods*, Addison-Wesley Company Inc., New York.
- Zickus, M., Leipus, R. dan Klupekis, K. (1999), "Estimation of Long Range Dependence in wind speed time series data", Vilnius University, Lithuania.