

ANALISA PERAMALAN DEBIT SUNGAI MENGGUNAKAN METODE ARIMA (AUTO REGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE) DI SUNGAI BRANTAS HULU

Ikrar Hanggara¹, Lily Montarcih L.², Dian Sisingih²

¹Mahasiswa Program Magister dan Doktor Teknik Pengairan,

²Dosen Fakultas Teknik Jurusan Pengairan.

e-mail: ikrarhanggara@yahoo.com

ABSTRAK

Debit sungai sangat dipengaruhi oleh hujan, sehingga memiliki pola yang dapat diteliti intensitasnya. Studi ini dilakukan untuk mengetahui akurasi metode peramalan debit ARIMA yang nantinya dapat digunakan sebagai pedoman penyusunan pola operasi waduk khususnya waduk Sengguruh.

Data yang digunakan adalah data debit selama 10 tahun dan data tahun terakhir (2011) dipergunakan sebagai pembandingan. Peramalan dilakukan juga di titik pengukuran debit (Stasiun AWLR) Gadang dan Tawangrejeni guna mengetahui penerapan metode ARIMA tersebut untuk stasiun debit dalam satu skema sungai.

Akurasi terbaik dalam peramalan debit sungai didapatkan pada peramalan Inflow Waduk Sengguruh dengan nilai MAPE (Mean Absolute Percentage Error) 14,47% dan nilai KR (Kesalahan Relatif) 1,41% dari akumulasi volume tampungan.

Hasil analisa pola operasi Waduk Sengguruh diketahui bahwa debit aktual maupun ramalan tidak dapat memenuhi kebutuhan energi selama 1 tahun pada tahun 2011, dan hasil peramalan maupun aktual tidak memiliki selisih yang signifikan terhadap produksi energi PLTA. Hal ini membuktikan bahwa metode peramalan dengan menggunakan ARIMA baik untuk digunakan.

Kata Kunci: Peramalan debit, Pola Musiman, Pola Operasi, Waduk Sengguruh

ABSTRACT

Streamflow is greatly influenced by rain, so it has a pattern that can be observed for its intensity. This study was conducted to determine the accuracy of forecasting discharge by ARIMA methods that can be used as guidelines for the preparation of reservoir operation pattern especially in Sengguruh reservoir.

The data used is the flow for 10 years and last year's data (2011) is used as a comparison. Forecasting is also doing at the point of discharge measurements (AWLR Station) Gadang and Tawangrejeni to determine the application of the ARIMA method for discharge station in the river scheme.

The best accuracy in forecasting streamflow obtained on Reservoir Inflow Sengguruh with MAPE value (Mean Absolute Percentage Error) 14.47% and the value of KR (Relative Error) 1.41% of the accumulated volume of the storage.

Results of analysis of the pattern of Sengguruh reservoir operation reveals that actual and forecast discharge can not meet the energy needs for one year in 2011, and the actual results of forecasting are not have a significant difference to the energy production of hydropower. This proves that the using ARIMA forecasting method is good for application.

Key words: Forecasting Discharge, Seasonal Flow Pattern, Pattern of Reservoir Operation, Sengguruh Reservoir.

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang Masalah

Bertambahnya jumlah penduduk dan berkembangnya perekonomian menyebabkan semakin hari semakin meningkat pula kebutuhan air. Dilain pihak air yang tersedia jumlahnya tetap, bahkan cende-

rung mengalami penurunan yang disebabkan oleh perubahan tata guna lahan dan pencemaran air. Hal ini menuntut pengelolaan alokasi air yang lebih cermat, efisien, dan efektif, yaitu pengelolaan alokasi dan distribusi air secara tepat waktu.

Pengelolaan alokasi air secara tepat waktu terdiri atas tahap pengumpulan data kebutuhan air dan ketersediaan air saat ini, peramalan ketersediaan air pada periode mendatang, dan perencanaan alokasi air dan pelaksanaan alokasi air.

Metode *Auto Regressive Inte-grated Moving Average* (ARIMA) atau biasa disebut juga sebagai metode Box-Jenkins, merupakan metode yang cukup baru dalam perkembangan teknik peramalan. Metode ini tidak bertujuan membentuk suatu model struktural, ARIMA merupakan suatu metode yang menghasilkan ramalan-ramalan berdasarkan pola data secara historis.

2. Tujuan Penelitian

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

1. Melakukan prediksi debit sungai dengan metode ARIMA
2. Untuk mengetahui apakah debit sungai terdahulu berpengaruh terhadap debit sungai di masa mendatang.
3. Merencanakan dan menganalisa Pola Operasi Waduk Senguruh berdasarkan hasil model peramalan.

BAHAN DAN METODE

1. ARIMA (*Auto Regressive Integrated Moving Average*)

Analisis peramalan dalam studi ini menggunakan metode ARIMA musiman, dengan bentuk umum model sebagai berikut : (Asri, 2013)

$$\phi_p(B)\phi_p(B^S)(1-B)^d(1-B^S)^D Z_t = \theta_q(B)\theta_q(B^S)\alpha_t$$

Dimana :

1. p, d, q = order AR, MA, dan *differencing* non musiman
2. P, D, Q = order AR, MA, dan *differencing* musiman
3. $\phi_p(B) = (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)$

4. $\phi_p(B^S) = (1 - \phi_1 B^S - \phi_2 B^{2S} - \dots - \phi_p B^{pS})$
5. $(1 - B)^d =$ order *differencing* non-musiman
6. $(1 - B^S)^D =$ order *differencing* musiman
7. $\theta_q(B) = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q)$
8. $\theta_q(B^S) = (1 - \theta_1 B^S - \theta_2 B^{2S} - \dots - \theta_q B^{qS})$
9. $Z_t = Z_t - \mu$

2. Fungsi ACF dan PACF

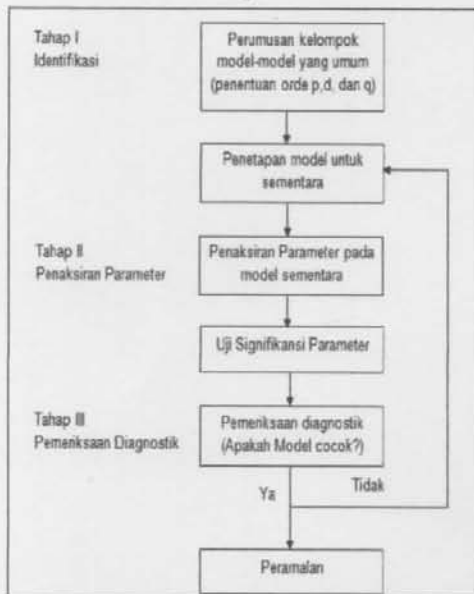
Dalam menentukan bentuk awal model perlu dilakukan pengamatan nilai ACF dan PACF. Nilai tersebut merupakan koefisien autokorelasi yang menyatakan hubungan antara nilai-nilai dari variabel yang sama tetapi pada periode waktu berbeda. Autokorelasi merupakan suatu alat penentu dari identifikasi pola dasar yang menggambarkan data. Autokorelasi dapat digunakan untuk mengidentifikasi apakah data bersifat acak, stasioner ataupun musiman (Mulyana, 2004).

Pembacaan nilai ACF dan PACF mengacu pada kriteria berikut : (Kemen. PU, 2009)

Tabel 1. Kriteria ACF dan PACF

ACF	PACF	MODEL
Cut off setelah lag 1 atau 2, koefisien korelasi tidak signifikan pada lag-lag musiman	Dying Down	Non Seasonal - Moving Average (q=1 atau 2)
Cut off setelah lag musiman L, koefisien korelasi tidak signifikan pada lag-lag non musiman	Dying Down	Seasonal - Moving Average (Q=1)
Cut off setelah lag musiman L, terdapat koefisien korelasi yang signifikan pada lag non musiman ke-1 atau 2	Dying down	Non Seasonal - Seasonal Moving Average (q=1 atau 2, Q=1)
Dying down	Cut off setelah lag 1 atau 2, koefisien korelasi tidak signifikan pada lag-lag musiman	Non Seasonal - Autoregressive (p=1 atau 2)
Dying down	Cut off setelah lag musiman L, koefisien korelasi tidak signifikan pada lag-lag non musiman	Seasonal - Autoregressive (P=1)
Dying down	Cut off setelah lag musiman L, terdapat koefisien korelasi signifikan pada lag-lag non musiman ke-1 atau 2	Non Seasonal - Seasonal Autoregressive (p=1 atau 2, P=1)
Dying down	Dying down	Mixed (Autoregressive - Moving Average)

Berikut merupakan langkah pengerjaan metode ARIMA hingga mendapatkan model peramalan yang tepat:



Gambar 1. langkah pemodelan ARIMA

3. Pengukuran Kesalahan Peramalan
Untuk memilih model time-series yang terbaik maka digunakan beberapa kriteria pemilihan model, yaitu : (Juwono, 2009)

- a. MAD (*Mean Absolute Defiation*)
Simpangan absolut rata-rata atau MAD mengukur akurasi peramalan dengan merata-ratakan kesalahan peramalan.

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Z_t - \hat{Z}_t|$$

- b. MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*)

Persentase kesalahan absolut rata-rata atau MAPE dihitung dengan menggunakan kesalahan absolut pada tiap periode dibagi dengan nilai observasi yang nyata untuk periode itu kemudian merata-ratakan kesalahan persentase absolut tersebut.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Z_t - \hat{Z}_t|}{Z_t}$$

- c. MPE (*Mean Percentage Error*)

Persentase kesalahan rata-rata atau MPE digunakan untuk menentukan apakah suatu metode peramalan bias atau tidak (secara konsisten tinggi atau rendah). Jika pendekatan peramalan tersebut tidak bias, maka persamaan akan menghasilkan persentase mendekati nol.

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{(Z_t - \hat{Z}_t)}{Z_t}$$

- d. KR (*Kesalahan Relatif*)

Dalam perhitungan yang tidak eksak, sering kita dapatkan kesalahan absolut dan kesalahan relatif, untuk menghitungnya, kita bisa menggunakan rumus berikut, pertama-tama cari selisih nilai antara nilai eksak dan nilai perkiraan (Nilai Absolut) :

$$E_e = p - p'$$

Dimana:

E_e = Kesalahan Absolut

p = Nilai Eksak

p' = Nilai Perkiraan

Kemudian Kesalahan Relatif dapat dihitung dengan membagi dengan nilai eksak.

$$\mathcal{E}_e = E_e / p$$

4. Pola Operasi Waduk

Persamaan dasar simulasi neraca air di waduk merupakan fungsi dari masukan, keluaran dan tampungan waduk yang dapat disajikan dalam persamaan sebagai berikut : (Soetopo, 2010).

$$I - O = ds/dt$$

Dengan :

I : adalah masukan

O : adalah keluaran

$ds/dt = \Delta S$: adalah perubahan tampungan.

Atau secara rinci dapat ditampilkan sebagai berikut:

$$S_{t+1} = S_t + I_t + R_t - E_t - L_t - O_t - O_{St}$$

Dengan :

S_t : adalah tampungan waduk pada periode t

S_{t+1} : adalah tampungan waduk pada periode $t+1$

I_t : adalah masukan waduk pada periode t

R_t : adalah hujan yang jatuh di atas permukaan waduk, pada periode t

E_t : adalah kehilangan air akibat evaporasi pada periode t

L_t : adalah kehilangan air akibat rembesan dan bocoran

O_t : adalah total kebutuhan air

O_{St} : adalah keluaran dari pelimpah

5. Lokasi Penelitian

Studi dilakukan di Kabupaten Malang Jawa Timur, dengan fokus pada Bendungan sengguruh, dan stasiun AWLR Tawangrejeni dan Gadang.



Gambar 2. DTA Waduk Sengguruh

Data diambil dari data Automatic Water Level Recorder (AWLR) yang terpasang di sungai serta data bendungan Sengguruh yang pengelolaannya dilakukan oleh PJT I.

Data debit Sungai didapat untuk tahun 2001 sampai 2011. Dari data tersebut, data dibagi menjadi 2 komponen.

- a. Data tahun 2002 sampai 2010 dipakai sebagai data pembangkit.

- b. Data tahun 2011 dijadikan sebagai data pembandingan untuk hasil ramalan.

6. Metode Analisa Data

Agar metode penelitian dapat dipahami secara praktis, maka tahapan penelitian dapat dijelaskan secara garis besar sebagai berikut :

a. Tahap identifikasi

Data yang terkumpul dianalisa kemudian dirubah menjadi data rerata bulanan. Kemudian data diplot untuk melihat secara grafis apakah data stasioner atau tidak.

b. Tahap Menentukan model sementara (Tentative)

Melalui pembacaan nilai ACF dan PACF maka dapat ditentukan model sementara. Model tersebut merupakan model tentative yang artinya adalah model induk yang kemudian dicari turunannya.

c. Tahap Menentukan Model Akhir

Penentuan model akhir dengan mencocokkan pada kriteria evaluasi model;

- Residual peramalan bersifat acak. Untuk memastikan apakah model sudah memenuhi syarat ini, dapat digunakan indikator Box-Ljung Statistic nantinya dapat diketahui bahwa nilai P-value untuk uji statistik ini lebih besar dari 0.05 yang menunjukkan bahwa residual sudah acak.
- Model parsimonious (model sudah dalam bentuk yang paling sederhana)
- Parameter yang diestimasi berbeda nyata dengan nol, ini dapat dilihat dari nilai p-value koefisien yang kurang dari 0,05.
- Kondisi invertibilitas ataupun stasioneritas harus terpenuhi. Hal ini ditunjukkan oleh jumlah koefisien

MA atau AR dimana masing-masingnya harus kurang dari satu.

- Model harus memiliki MS dan SS yang kecil.
- Grafik ACF dan PACF dari residual menunjukkan pola cut-off, yang berarti bahwa residual memang sudah acak.

d. Tahap Peramalan

Pada tahap ini model terpilih dimasukkan kedalam software minitab 16 untuk kemudian proses peramalan (forecasting dan overfitting) dilakukan oleh software bantu tersebut.

e. Tahap Perbandingan

Hasil peramalan dibandingkan terhadap data perbandingan yang sebelumnya sudah dipersiapkan untuk mengetahui keakuratan model dalam melakukan peramalan.

f. Tahap Analisa Pola Operasi Waduk Sengguruh

Pada tahapan ini data hasil peramalan dipergunakan sebagai data untuk merencanakan pola operasi waduk sengguruh kemudian dibandingkan kembali dengan pola operasi waduk sengguruh aktual kemudian ditarik kesimpulan terhadap perbandingan kedua pola operasi tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisa perhitungan yang dilakukan dengan cara yang sama seperti dalam pembahasan sebelumnya, didapatkan berbagai model untuk setiap data pada stasiun debit sebagai berikut :

Tabel 2. Model Akhir

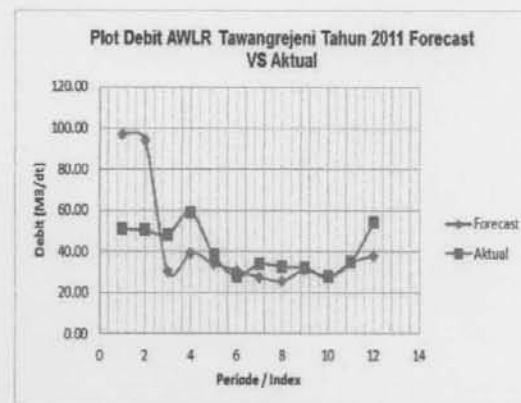
No.	Stasiun Debit	Model Terpilih
1	AWLR Stasiun Gedang	SARIMA (3,1,1) (0,1,1) ¹²
2	AWLR Stasiun Tawangrejeni	SARIMA (0,0,3) (1,1,0) ¹²
3	AWLR Sengguruh	SARIMA (0,1,0) (2,1,0) ¹²

Model akhir diatas telah melalui proses stasioneritas data dan penentuan model sementara (tentatif).

Dari model akhir yang didapatkan kemudian perbandingan terhadap data aktual untuk setiap stasiun debitnya adalah sebagai berikut :



Gambar 3. Perbandingan AWLR Gadang

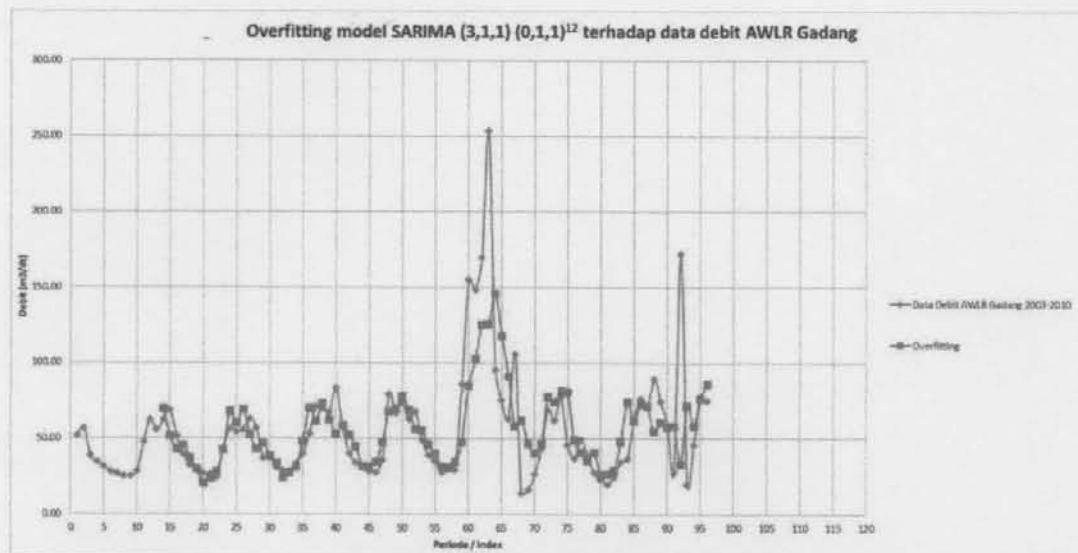


Gambar 4. Perbandingan AWLR Tawangrejeni

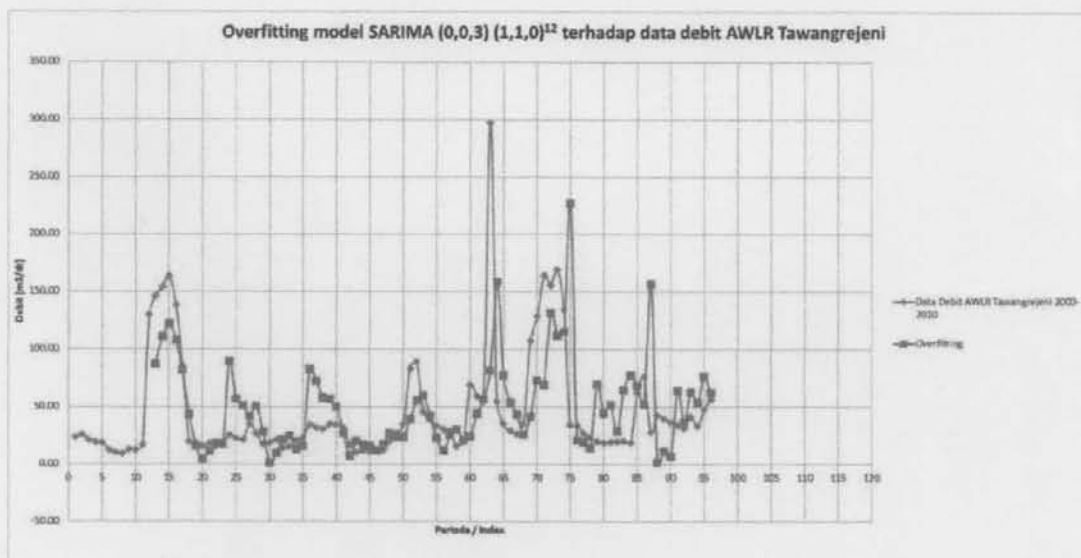


Gambar 5. Perbandingan Inflow Sengguruh

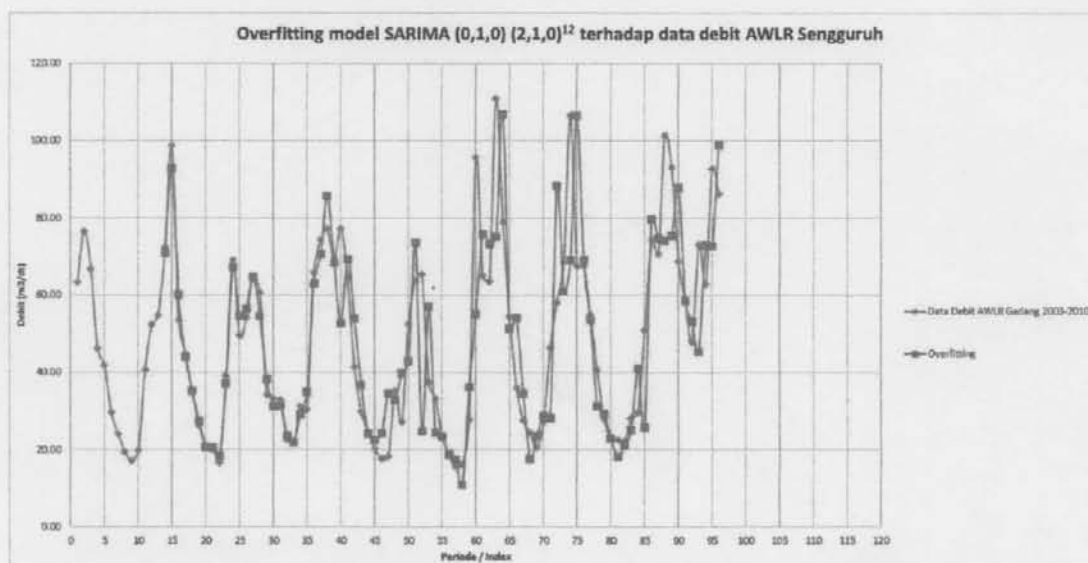
Untuk overfitting keseluruhan model dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 6. Overfitting AWLR Gadang



Gambar 7. Overfitting AWLR Tawangrejeni



Gambar 8. Overfitting Inflow Sengguruh

Untuk mengetahui akurasi dari hasil model peramalan yang digunakan, maka digunakan beberapa teknik pengukuran nilai residual (kesalahan) pada hasil peramalan. Dari perhitungan nilai eror yang dilakukan sebagai berikut :

Tabel 3. Evaluasi Kesalahan

No.	Metode Evaluasi Kesalahan	AWLR Gadang	AWLR Tawangrejo	AWLR Sengguruh
1	MAD	20.43	13.79	8.13
2	MSE	756.53	426.90	127.40
3	MAPE	53.28%	28.66%	14.47%
4	MPE	-49.50%	-2.61%	0.32%

Berdasarkan analisa evaluasi hasil peramalan, kesalahan terbesar terjadi pada peramalan debit AWLR Gadang yaitu nilai MAPE (Mean Absolute Percentage Error) sebesar 53,28 %. Nilai tersebut berbeda signifikan dengan peramalan pada peramalan inflow sengguruh yang mempunyai nilai MAPE sebesar 14,47 %. Hal tersebut dikarenakan beberapa dugaan seperti berikut :

1. Kesalahan pendugaan nilai ACF dan PACF pada awal perhitungan untuk menentukan bentuk model sementara.
2. Pada peramalan debit digunakan data harian yang kemudian dikonversi menjadi data rerata bulanan. Sehingga bias yang terjadi dapat dikatakan besar.
3. Merujuk pada nilai MAPE tiap-tiap AWLR, menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan. Hal ini juga disebabkan pada pola data debit yaitu terdapat nilai ekstrim sehingga menyebabkan ketidak-jelasan pola. Hal tersebut sebenarnya dapat atasi dengan melakukan perpanjangan pada input data untuk perhitungan, sehingga pola nilai-nilai ekstrim

yang terjadi dapat terdeteksi sebagai pola yang jelas dan bagus untuk metode peramalan menggunakan SARIMA ini.

Selain menggunakan nilai MAPE, dll; pengukuran tingkat kesalahan dilakukan dengan menggunakan nilai kesalahan relatif pada total volume tampungan waduk.

Tabel 4. Kesalahan Relatif

No.	Periode / Index	Hasil Ramalan Stasiun AWLR Sengguruh (juta m ³)	Data Aktual Stasiun AWLR Sengguruh (juta m ³)
1	97 (Januari 2011)	159.91	190.07
2	98 (Februari 2011)	160.26	187.14
3	99 (Maret 2011)	273.91	194.05
4	100 (April 2011)	212.98	223.70
5	101 (Mei 2011)	154.01	190.23
6	102 (Juni 2011)	102.57	119.68
7	103 (Juli 2011)	79.86	91.32
8	104 (Agustus 2011)	68.26	74.05
9	105 (September 2011)	69.85	63.73
10	106 (Oktober 2011)	80.40	64.03
11	107 (Nopember 2011)	136.74	131.90
12	108 (Desember 2011)	160.03	152.56
Jumlah :		1658.78	1682.46
KR (%)		1.41	%

Sesuai dengan tujuan studi, maka direncanakan pola operasi waduk Sengguruh periode tahun 2011/2012 dengan menggunakan debit inflow hasil ramalan, dengan mengikuti beberapa ketentuan sebagai berikut:

1. Untuk mengantisipasi banjir, muka air waduk dipertahankan pada elevasi 292.5 m.
2. Muka air waduk pada awal operasi dibuat pada kondisi kosong dan pada akhir pola operasi tetap dipertahankan pada elevasi 292.5, sehingga operasi waduk pada periode berikutnya bisa dilaksanakan dengan baik.

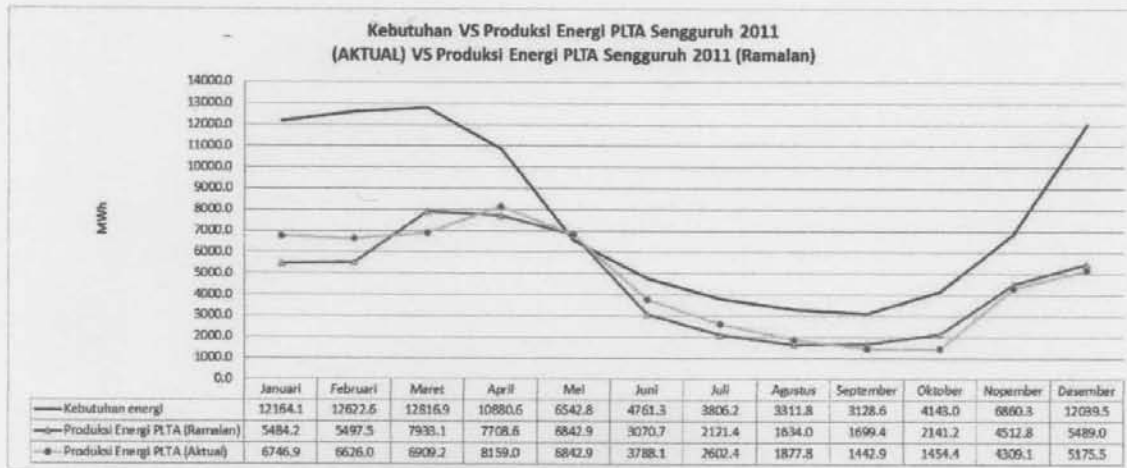
Tabel 5. Tabel Kebutuhan Listrik Waduk Sengguruh

BLN/ DKD		INFLOW m ³ /dtk	OUTFLOW m ³ /dtk	BEBAN			ENERGI MWh
				PUNCAK MW	DASAR MW	RATA-2 MW	
1		2	3	4	5	6	7
DES	1	60.3	60.3	29.2	12.33	15.85	3802.85
	2	56.5	56.5	29.2	12	15.58	3739.95
	3	59.78	59.8	29.2	13.63	17.03	4498.67
JAN	1	72.6	72.6	29.2	14.67	17.7	4247.27
	2	74.8	74.8	29.2	12.33	15.85	3802.85
	3	72.5	78.1	29.2	12	15.58	4113.94
PEB	1	73.7	66.5	29.2	16.85	19.42	4880.7
	2	65.8	65.8	29.2	16.73	19.33	4638.67
	3	77.1	61.2	29.2	14.16	17.31	3323.25
MAR	1	77.1	77.1	29.2	14.81	17.81	4273.24
	2	71.1	71.1	29.2	14.36	17.45	4188.14
	3	76.36	79.6	29.2	13.16	16.5	4355.55
APR	1	66.6	66.6	29.2	13.52	16.78	4029.5
	2	84.8	84.8	29.2	13.22	16.55	3971.85
	3	87.53	86.6	29.2	7.47	12	2879.43
MEI	1	72.1	67.5	29.2	6.1	10.41	2497.34
	2	78.1	66.2	29.2	6.29	8.44	2025.94
	3	69.97	62.8	29.2	6.27	7.65	2019.52
JUN	1	42.2	42.2	29.2	7.57	7.03	1687.02
	2	43.3	43.3	29.2	7.81	6.73	1619.16
	3	53.01	40.2	29.16	0	8.06	1458.06
JUL	1	35.6	35.6	25.74	0	5.36	1267.07
	2	36.7	36.7	24.72	0	5.15	1235.77
	3	33.39	30.9	23.33	0	4.86	1283.33
AGT	1	29.1	26.4	21.76	0	4.53	1087.92
	2	31.7	28.1	21.18	0	4.41	1059.45
	3	24.91	26.5	21.17	0	4.41	1164.44
SEP	1	26.65	22.4	18.02	0	4.37	1047.63
	2	27.1	24.5	20.33	0	4.23	1016.34
	3	18.02	24.8	21.29	0	4.44	1064.61
OKT	1	24.8	24.8	23.09	0	4.61	1154.49
	2	25.9	25.9	24.64	0	5.13	1231.88
	3	23.4	25.2	29.2	6.85	6.65	1756.61
NOP	1	54.8	49.6	29.2	7.79	7.06	1693.7
	2	49.6	46.3	29.2	6.1	10.66	2558.63
	3	48.47	48.1	29.2	6.04	10.87	2608.01

Dari data kebutuhan energi diatas kemudian dapat dilakukan perbandingan produksi energi antara Q (ramalan) dan Q Inflow).

Tabel 6. Perhitungan Pola Operasi Selama Satu Tahun

Bulan	Beban Puncak	Beban Dasar	Beban rata-rata	Energi (Kebutu- an)	Inflow	Outflow	Energi yg dihasilkan PLTA	Jam Operasi PLTA	Volume Tampungan	Elevasi MA Waduk
	(MW)	(MW)	(MW)	(MWh)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(MWh)	(jam)	(m ³)	(m)
Januari	29.2	13.0	16.5	12164.1	73.33	74.5	6746.9	21	1018500	292.5
Februari	29.2	15.9	18.7	12622.6	72.2	64.5	6626.0	24	1018500	292.5
Maret	29.2	14.1	17.3	12816.9	74.86	76.0	6909.2	21	1018500	292.5
April	29.2	11.4	15.1	10880.6	86.31	86.0	8159.0	22	1018500	292.5
Mei	29.2	6.2	8.8	6542.8	73.39	65.5	6842.9	24	1018500	292.5
Juni	29.2	7.7	6.6	4761.3	46.17	41.9	3788.1	21	1018500	292.5
Juli	24.6	0.0	5.1	3806.2	35.23	34.4	2602.4	17	1018500	292.5
Agustus	21.4	0.0	4.5	3311.8	28.57	27.0	1877.8	16	1018500	292.5
September	20.9	0.0	4.3	3128.6	24.59	23.9	1442.9	14	1018500	292.5
Oktober	25.6	0.0	5.5	4143.0	24.7	25.3	1454.4	13	1018500	292.5
Nopember	29.2	6.6	9.5	6860.3	50.89	48.0	4309.1	21	1018500	292.5
Desember	29.2	12.7	16.2	12039.5	58.86	58.8	5175.5	20	1018500	292.5
Total							55934.2			



Gambar 9. Perbandingan Pola Operasi Aktual terhadap Peramalan

Dari data pola operasi diatas menunjukkan bahwa bendungan sengguruh tidak mampu untuk mencukupi kebutuhan listrik selama satu tahun pada tahun 2011.

Seperti pada pola operasi menggunakan debit hasil ramalan, energi yang dibutuhkan juga tidak dapat memenuhi kebutuhan energi.

KESIMPULAN

1. Model terpilih untuk Stasiun AWLR Gadang adalah SARIMA (3,1,1) (0,1,1)₁₂; Untuk Stasiun AWLR Tawangrejeni adalah SARIMA (0,0,3) (1,1,0)₁₂; Untuk Inflow Sengguruh adalah SARIMA (0,1,0) (2,1,0)₁₂.
2. Hasil prediksi model terpilih untuk Stasiun Gadang menghasilkan nilai MAPE sebesar 53,28 %; Untuk Stasiun Tawangrejeni menghasilkan nilai MAPE sebesar 28,66 %; Untuk Inflow waduk Sengguruh menghasilkan nilai MAPE yang terbaik yaitu sebesar 14,47 %.
3. Selain nilai MAPE, nilai Kesalahan Relatif (KR) menunjukkan angka yang bagus untuk peramalan pada Inflow Sengguruh yaitu sebesar 1,41%, Hal ini menunjukkan tingkat akurasi model baik dan layak digunakan.

4. Pola operasi waduk Sengguruh pada tahun 2011 pada dasarnya tidak mencukupi dari segi energi. Sehingga maupun debit aktual dan ramalan tidak mampu mencukupi demand energi (MWh) dalam satu tahun. Dari segi volume per tahun yang dihitung, perbedaan volume rencana dan aktual tidak signifikan yaitu 1682.46 Juta m³ (aktual) : 1658.78 Juta m³ (aktual), hanya berselisih ± 23.68 Juta m³/tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Asri, L. M. A. (2013). *Laporan Kegiatan PKL di Dinas Pariwisata dan Kebudayaan Kota Batu*. Universitas Brawijaya, Malang.
- Mulyana, 2004. *Analisi Data Deret Waktu, (Buku Ajar)*, Universitas Padjadjaran, Jawa Barat.
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2009). *Pendugaan Data Runtut Waktu Menggunakan Metode ARIMA*. Malang.
- Juwono. P. T. (2009). *Pengaruh Perbedaan Rerata Data Debit Pada Pemodelan Hidrologi Deret Berkala Untuk Peramalan Debit Sungai Dengan Metode Arfima*, Universitas Brawijaya, Malang.
- Soetopo, Widandi. (2010). *Operasi Waduk Tunggal*, CV Asrori, Malang.