

## **MODEL PRAKIRAAN DEBIT UNTUK OPTIMASI POLA OPERASI WADUK MULTIGUNA JATIGEDE**

### ***DEBIT FORECAST MODEL FOR OPTIMIZING JATIGEDE MULTIPURPOSE OPERATING PATTERNS***

**Ira Mulyawati**

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Sahid Jakarta  
Jl. Prof. Dr. Supomo, SH No.84 Tebet, Jakarta Selatan 12870, Email: ira.mulyawati@gmail.com

#### **ABSTRAK**

Kebijakan strategis sumber air baku untuk memenuhi laju kebutuhan air Regional Provinsi Jawa Barat salah satunya akan dipasok dari waduk Jatigede di sungai Cimanuk DAS Cimanuk. Untuk itu perlu diketahui pola operasi waduk optimal agar waduk Jatigede dapat memenuhi laju kebutuhan air baku minum *domestic* untuk daerah Kabupaten Cirebon dan Indramayu sebesar 3.500 l/det. Sebelum dilakukan optimasi pola operasi waduk harus diketahui terlebih dahulu model prakiraan debit waduk Jatigede. Model prakiraan debit waduk Jatigede yang digunakan adalah model kontinu korelasi spasial hujan-debit dan model Chain-Markov dengan debit yang digunakan adalah debit bulanan stasiun Leuwigoong, Bojongloa dan Leuwidaun. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai korelasi antara debit yang masuk ke waduk Jatigede (*inflow*) historis dengan debit *inflow* prakiraan untuk model korelasi spasial hujan-debit adalah 0,933, sedangkan untuk model Chain-Markov adalah 0,797. Nilai korelasi yang mendekati nilai 1 menunjukkan hubungan yang kuat dan linier antara debit historis dengan debit prakiraan, sehingga model dapat dikatakan layak untuk memprakirakan debit inflow waduk Jatigede. Debit hasil prakiraan model selanjutnya dapat digunakan pada simulasi pengelolaan waduk optimal, agar waduk dapat memenuhi laju permintaan air *downstream* dan meminimalisir air yang terbuang melalui saluran pelimpah air (*spillway*).

**Keywords :** Waduk Jatigede; Regresi linier berganda; korelasi spasial; DAS Cimanuk; Prakiraan debit, Chain-Markov

#### **ABSTRACT**

*A strategic policy in the management of raw water resource to fulfill the regional need for water in West Java Province has been taken to obtain water supply from Jatigede reservoir in the watershed of Cimanuk river. It is necessary for optimal management of Jatigede reservoir in order to meet domestic drinking water demand for Cirebon and Indramayu Regencies of 3,500 l / sec. Prior to the optimal management there should be known forecasts of inflow discharge of Jatigede reservoir. Discharge forecasting approach taken in this research was the spatial correlation method (rainfall and discharge) and discrete Markov method that used the principle of stochastic Markov model of 3 classes. Jatigede inflow discharge that used in this research was data from Leuwigoong, Bojongloa, and Leuwidaun stations.. The correlational value of historical inflow discharge and the forecasts value of inflow discharge for spatial correlation method (rainfall and discharge) was 0.933, while the one of the Chain-Markov model was 0.797. Correlational values closer to 1 indicated a strong and linear correlation between the historical discharge and the forecasts one, implying that the proposed model in this research had been considered appropriate to forecasts the inflow water discharge in Jatigede watershed. The results of the forecasts could be utilized in the simulation of optimal reservoir management in order to fulfill the demand for water in the downstream and to decrease the amount of water through spillway.*

**Keywords:** *Jatigede Dam; Multiple linier regression; correlation spasial; Cimanuk Watershed; Forecasting discharge*

## 1. Pendahuluan

Kabupaten Sumedang, Kabupaten Majalengka, Kabupaten Cirebon dan Kota Cirebon memiliki peran strategis, dimana berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional (RTRWN), Kota Cirebon berfungsi sebagai Pusat Kegiatan Nasional (PKN), Pusat Kegiatan Nasional (PKN) merupakan kawasan perkotaan yang berfungsi untuk melayani kegiatan skala internasional, nasional, atau beberapa provinsi. Selain itu Provinsi Jawa Barat sebagai daerah lumbung padi nasional mempunyai lahan sawah yang sangat luas,  $\pm 1.000.000$  ha lahan sawah terdiri dari 89,6% sawah beririgasi teknis dan 10,4% sawah tadah hujan. Kondisi ini menuntut agar air yang ada dikawasan tersebut tetap terjamin sepanjang tahun, Oleh karena itu pemerintah membangun waduk Jatigede agar kuantitas dan kualitas air tetap terjamin sepanjang tahun. Waduk Jatigede yang berada dalam Daerah Aliran Sungai (DAS) Cimanuk merupakan waduk kedua terbesar di Indonesia dengan tujuan pembangunannya adalah untuk memenuhi kebutuhan air baku, mengairi Daerah Irigasi Rentang seluas 90.000 ha. Selain itu waduk multiguna Jatigede juga dibangun untuk mencukupi kebutuhan air PLTA Jatigede 67,83 m<sup>3</sup>/dt guna membangkitkan daya listrik sebesar 110 MW (Risadiana Cholifatul Afifah, Pranoto Samto Atmodjo, Sri Sangkawati, 2015).

Dalam rangka pemenuhan kebutuhan air di downstream, pengelolaan waduk mengalami berbagai permasalahan. Pada umumnya permasalahan yang timbul pada waduk-waduk di Indonesia adalah kecenderungan penurunan debit air yang masuk ke waduk terutama pada musim kemarau, sehingga volume tampungan efektif waduk berkurang dan mengurangi tingkat keandalan waduk dalam pemenuhan kebutuhannya. Selain itu seiring dengan adanya ekstrimitas hujan dan debit dimana pada musim kemarau air susah didapatkan dan pada musim hujan air sangat berlimpah dan berpotensi menyebabkan banjir, oleh karena itu perlu adanya prakiraan debit air yang masuk ke Waduk Jatigede agar pengelolaan waduk optimal sehingga waduk dapat memastikan air baku akan selalu tersedia pada musim kemarau (keandalan waduk) dan meminimalisir air yang terbuang melalui *spillway* pada musim hujan.

## 2. Metode

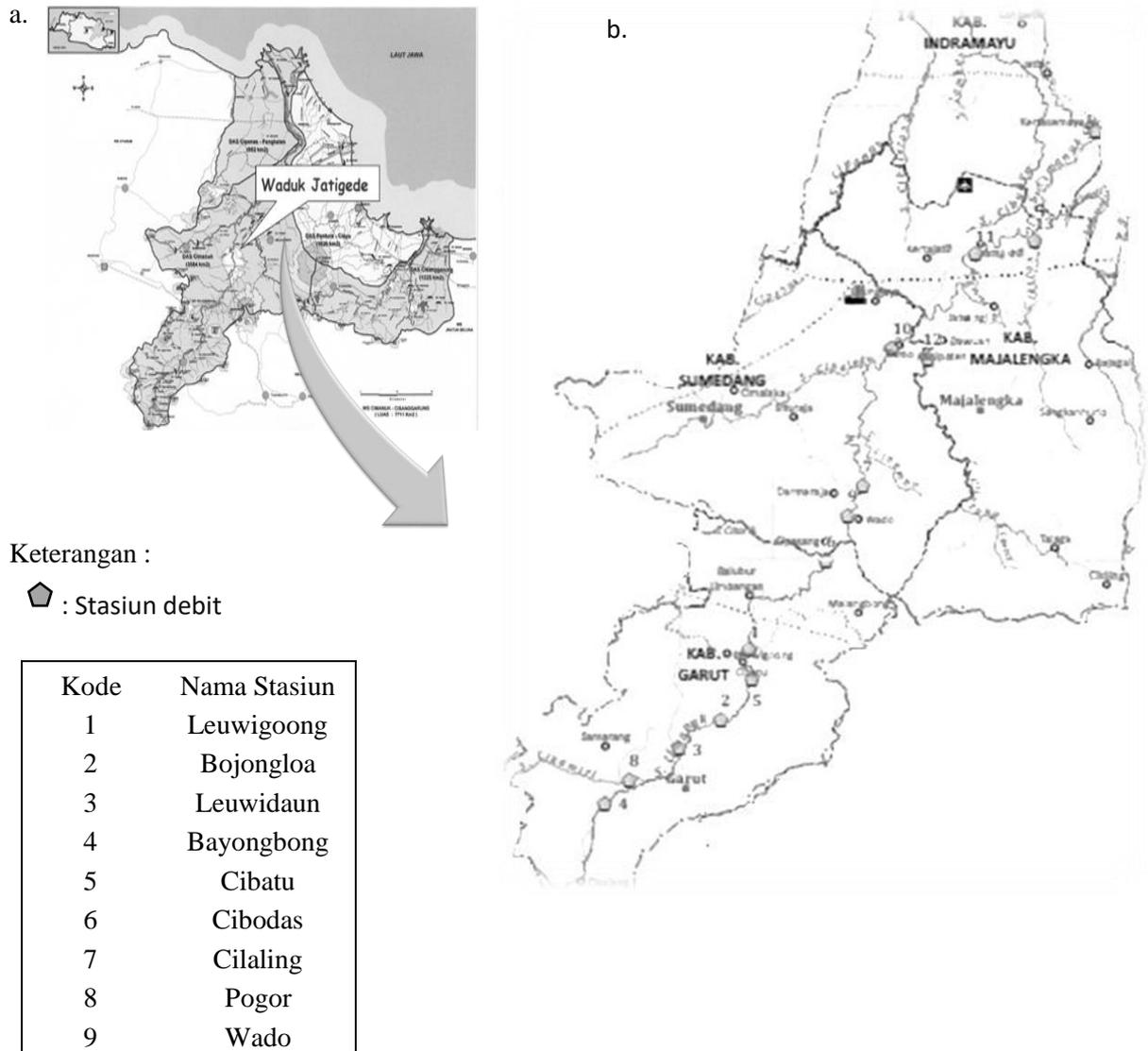
Penelitian ini dilakukan di waduk Jatigede yang terletak di DAS Cimanuk Kampung Jatigede Kulon, Desa Cijeungjing, Kecamatan Jatigede, Kabupaten Sumedang, Provinsi Jawa Barat (**Gambar 1a**). Data yang digunakan dalam penelitian adalah data sekunder curah hujan (P) dan debit (Q) yang tercatat di pos-pos hujan dan debit di DAS Cimanuk (**Gambar 1b**) dengan seri data hujan dan data debit harian dalam kurun waktu minimal 10 tahun. Data diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Cimanuk-Cisanggarung (BBWSC-2), Pusat Litbang Sumber Daya Air (PUSAIR) Bandung., Balai Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Cimanuk-Cisanggarung. Kemudian data curah hujan dan data debit yang diperoleh dibuat model prakiraan debit yang masuk ke Waduk Jatigede menggunakan model korelasi spasial hujan-debit dan Chain Markov.

### 2.1. Model Prakiraan Korelasi Spasial Hujan-Debit

Debit air (Q) merupakan variable acak sekarang dan masa yang akan datang untuk mengoptimasikan pemakaian air (alokasi air), perlu dilakukan pendekatan prakiraan debit air masa depan menggunakan pendekatan korelasi spasial komponen-komponen utama hidrologi (P dan Q) membentuk model korelasi spasial prakiraan debit air (Arwin, 2002).

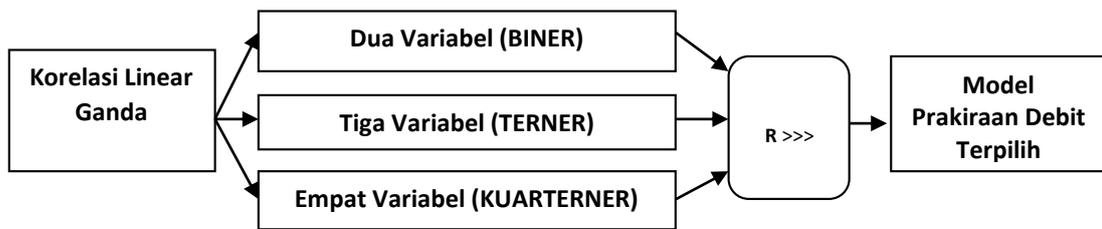
- Dibangun berdasarkan korelasi antara dua variabel acak, yaitu:
  - Stasiun pengamat hujan (P)
  - Stasiun pengamat debit (Q)

Model dengan nilai koefisien korelasi (R) terbesar dipilih sebagai model yang paling baik untuk membangun data debit. **Gambar 2** dibawah memperlihatkan model – model korelasi linier beberapa variable.



Sumber: (a) PT Multimera Harapan, 2013; (b) Balai PSDA Wilayah Sungai Cimanuk-Cisanggrang

Gambar 1. (a) Peta lokasi waduk Jatigede; (b) Peta lokasi pos pengukur duga air



Gambar 2. Model korelasi linier ganda

Dari hasil penelitian sebelumnya diketahui bahwa model korelasi linier ganda yang melibatkan empat variabel (model kuaterner) hidrologi lebih efektif dalam menentukan hubungan antara variasi hujan dan debit. Hubungan dengan lebih dari empat variabel tidak memberikan efek yang berarti artinya kenaikan koefisien determinasinya relatif kecil (Yeni Nuraeni, 2011). Model kuarterner terdiri dari empat tipe yaitu tipe  $PPP(Q1)$ , tipe  $PPQ(Q1)$ , tipe  $PQQ(Q1)$  dan tipe  $QQQ(Q1)$ .

Persamaan regresi linier berganda dari model kuaterner dinyatakan sebagai berikut :

$$x_1 = r_2x_2 + r_3x_3 + r_4x_4 + \varepsilon \dots \dots \dots (1)$$

dengan :

- $x_1 = Q_{t+1}$  (Debit masuk bulan t+1)
- $x_2 = Q_t$  (Debit masuk bulan t)
- $x_3 = Pt_1$  (Curah hujan bulan t Stasiun 1 di DAS Cimanuk)
- $x_4 = Pt_2$  (Curah hujan bulan t Stasiun 2 di DAS Cimanuk)
- $\varepsilon$  = Konstanta dari persamaan regresi

Catatan :  $x_3$  dan  $x_4$  bisa berupa variable hujan ataupun variable debit dari stasiun-stasiun di DAS Cimanuk

## 2.2. Model diskrit chain markov tiga kelas orde 1

Model diskrit Markov terdiri dari 2 (dua) penentuan. Penentuan pertama kondisi dan kedua adalah penentuan besaran. Probabilitas kejadian pada suatu waktu tertentu bergantung/ditentukan hanya dari kejadian waktu sebelumnya. Data debit bersifat stokastik, oleh karena itu maka pendekatan dengan model Markov dibuat melalui pembuatan matrik transisi untuk menjelaskan mengenai nilai probabilitas (ketidakpastian) kejadian besaran debit tertentu dimana jumlah probabilitas seluruh kejadian sama dengan 1 seperti ditunjukkan pada Tabel 1 (Arwin,2002). Matrik transisi tersebut bersifat homogen atau matriks stokhastik karena semua transisi probabilitas  $P_{ij}$  adalah tetap dan independen terhadap waktu. Probabilitas  $P_{ij}$  harus memenuhi kondisi:

$$\sum_j P_{ij} (\text{transisi probabilitas}) = 1 \text{ untuk seluruh nilai } i ;$$

$$P_{ij} \geq 0 \text{ untuk seluruh nilai } i \text{ dan } j$$

Tabel 1. Matrik transisi orde satu

(basah)Kondisi Debit Waktu $t_{n-1}$	Kondisi Debit Waktu $t_n$				
	0 (kering)	1 (normal)	2	...	N
0	$P_{00}$	$P_{01}$	$P_{02}$	...	$P_{0N}$
1	$P_{10}$	$P_{11}$	$P_{12}$	...	$P_{1N}$
2	$P_{20}$	$P_{21}$	$P_{22}$	...	$P_{2N}$
...	...	...	...	...	...
N	$P_{N0}$	$P_{N1}$	$P_{N2}$	...	$P_{NN}$

Sumber: Arwin, 2002

## 3. Hasil Dan Pembahasan

### 3.1. Debit prakiraan metode korelasi spasial hujan dan debit

Sebelum melakukan analisis korelasi spasial debit menggunakan korelasi linier berganda terlebih dahulu dilakukan uji asumsi klasik normalitas data ini bertujuan untuk memberikan kepastian bahwa persamaan yang didapatkan memiliki ketepatan dalam estimasi, tidak bias dan konsisten. Hasil uji normalitas untuk data-data debit diperoleh pada Gambar 3.

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		QLeuwidaun	QBojongloa	Qleuwigoong	Qleuwigoong1
N		120	120	120	120
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	21,2592	17,8883	46,4884	47,7403
	Std. Deviation	17,41836	33,65104	68,85268	72,32068
Most Extreme Differences	Absolute	,159	,364	,321	,324
	Positive	,159	,364	,321	,324
	Negative	-,131	-,299	-,266	-,270
Kolmogorov-Smirnov Z		1,741	3,991	3,514	3,547
Asymp. Sig. (2-tailed)		<u>,003</u>	<u>,000</u>	<u>,000</u>	<u>,000</u>

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Sumber: Hasil analisis

dengan : Q Leuwidaun = debit Leuwidaun bulan ke-t  
 Q Bojongloa = debit Bojongloa ke-t  
 Q Leuwigoong = debit Leuwigoong ke-t  
 Q Leuwigoong 1 = debit Leuwigoong ke-t+1

**Gambar 3 Uji normalitas data debit aktual**

Dari gambar dapat dilihat bahwa signifikansi ( Asymp.sig (2-tailed) debit Bojongloa bulan ke-t, Leuwigoong bulan ke-t, dan Leuwigoong bulan ke-t+1 memiliki signifikansi yang < 0,05, hal ini menunjukkan bahwa data debit tersebut tidak normal, sedangkan untuk debit Leuwidaun bulan ke-t diperoleh data signifikansi = 0,05, nilai ini menunjukkan data termasuk kedalam kategori data normal atau tidak normal, sehingga data debit Leuwidaun tetap harus ditransformasi. Untuk itu data debit Bojongloa, Leuwigoong, Leuwigoong1 dan Leuwidaun harus dilakukan transformasi data agar data normal dan dapat dilakukan proses selanjutnya yaitu korelasi linier ganda. Data debit Bojongloa, Leuwigoong, Leuwigoong1 dan Leuwidaun kemudian ditransformasikan dengan membuat Ln dari data-data debit tersebut. Data debit transformasi ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Data debit historis dan hasil transformasi**

Bulan dan Tahun	LWD	LWG	BJG	Transform LWD	Transform LWG	Transform LWG1	Transform BJB
Jan-14	18,31	90,09	5,31	2,91	4,5	4,44	1,67
Feb-14	17,74	84,43	6,28	2,88	4,44	4,53	1,84
Mar-14	30,57	93,12	6,16	3,42	4,53	4,53	1,82
Apr-14	26,44	93,13	15,27	3,27	4,53	2,7	2,73
Mei-14	17,55	14,95	8,06	2,87	2,7	2,34	2,09
Jun-14	12,77	10,34	5,82	2,55	2,34	1,81	1,76
Jul-14	14,07	6,12	5,27	2,64	1,81	1,27	1,66
Agust-14	9,27	3,55	1,46	2,23	1,27	1,24	0,38
Sep-14	5	3,44	0,67	1,61	1,24	1,25	-0,41
Okt-14	5,66	3,49	0,63	1,73	1,25	1,82	-0,46
Nop-14	12,68	6,15	1,03	2,54	1,82	2,07	0,03
Des-14	36,74	7,95	4,65	3,6	2,07	1,49	1,54

Sumber: Hasil analisis

dengan : Transform\_LWG = debit transformasi Leuwigoong bulan ke-t  
 Transform\_LWG1 = debit transformasi Leuwigoong bulan ke-t+1  
 Transform\_BJB = debit transformasi Bojongloa bulan ke-t  
 Transform\_LWD = debit transformasi Leuwidaun bulan ke-t

Setelah dilakukan transformasi data kemudian data debit ketiga stasiun debit dilakukan uji normalitas kembali hasil uji normalitas data debit ditunjukkan oleh Gambar 4.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Tranform_ lwdn	Tranform_ LWG	Tranform_ LWG1	Tranform_ BJG
N		120	120	120	120
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	2,6952	3,0607	3,0533	1,6486
	Std. Deviation	,91842	,98977	,99298	,80907
Most Extreme Differences	Absolute	,062	,099	,097	,149
	Positive	,051	,099	,097	,079
	Negative	-,062	-,086	-,087	-,149
Kolmogorov-Smirnov Z		,681	1,088	1,061	1,638
Asymp. Sig. (2-tailed)		,43	,87	,10	,09

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Sumber: Hasil analisis

Gambar 4 Uji normalitas data debit transformasi

Dari Gambar 4 terlihat bahwa hasil uji normalitas transformasi data debit diperoleh nilai signifikansi untuk semua data debit  $>0.05$  sehingga dapat dikatakan data normal dan siap untuk dilakukan proses selanjutnya yaitu korelasi linier ganda.

Model prakiraan debit dilakukan dengan model korelasi *spasial* hujan-debit, dapat dilakukan dengan melakukan korelasi antara hujan dengan debit atau debit dengan beberapa variabel penjelas kemudian dicari koefisien korelasi paling tinggi, jika koefisien korelasi (R) nilainya semakin mendekati 1 maka model prakiraan debit semakin mendekati nilai debit aktualnya. Prakiraan debit *inflow* dilakukan dengan menggunakan data debit bulanan stasiun Leuwigoong, Leuwidaun dan Bojongloa dari tahun 2005-2015. Sebagai variabel terikat (*dependent*) adalah debit bulanan stasiun Leuwigoong dan sebagai variabel terikat (*independent*) debit Leuwigoong bulan sebelumnya, debit bulanan stasiun leuwidaun bulan sebelumnya dan debit stasiun bulanan bojongloa bulan sebelumnya. Prakiraan debit dilakukan dengan korelasi kwarterner antara debit dengan debit dikarenakan hubungan antara debit dengan debit lebih kuat dibandingkan dengan hujan yang menjelaskan debit (Arwin, 2012). Setelah dilakukan korelasi linier ganda diperoleh hasil koefisien korelasi sebesar 0,937. Koefisien korelasi linier ganda menggunakan SPSS dapat dilihat pada Gambar 5.

Model Summary<sup>b</sup>

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics					Durbin-Watson
					R Square Change	F Change	df 1	df 2	Sig. F Change	
1	,937 <sup>a</sup>	,878	,874	,35179	,878	277,324	3	116	,000	1,744

a. Predictors: (Constant), Tranform\_BJG, Tranform\_LWG, Tranform\_lwdn

b. Dependent Variable: Tranform\_LWG1

Sumber: Hasil analisis

Gambar 5. Nilai koefisien korelasi model prakiraan debit korelasi spasial debit-debit

Dari hasil korelasi linier ganda kita dapat memperoleh persamaan untuk memprakirakan debit *inflow* waduk Jatigede Gambar 6.

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,321	,120		2,688	,008
	Tranform_lwdn	-,003	,047	-,003	-,059	,953
	Tranform_LWG	,956	,037	,953	25,733	,000
	Tranform_BJG	-,113	,048	-,092	-2,338	,021

a. Dependent Variable: Tranform\_LWG1

Sumber: Hasil analisis

Gambar 6 Persamaan untuk memprakirakan debit inflow

Dari Gambar 6 (lihat angka yang dilingkari ) hasil korelasi linier ganda diperoleh persamaan untuk prakiraan debit *inflow* diekspresikan sebagai berikut :

$$QLWG1 = 0,321 - 0,003 \times QLWD + 0,956 \times QLWG - 0,113 \times QBJG$$

dengan : QLWG1 = Debit Leuwigoong bulan ke-t+1  
 QLWG = Debit Leuwigoong bulan ke-t  
 QLWD = Debit Leuwidaun bulan ke-t  
 QBJG = Debit Bojongloa bulan ke-t

Setelah diperoleh persamaan untuk prakiraan debit *inflow* kemudian dilakukan perhitungan prakiraan debit *inflow* menggunakan persamaan diatas data debit prakiraan debit inflow waduk Jatigede dapat dilihat pada Tabel 3.

Debit prakiraan debit *inflow* waduk Jatigede kemudian dilakukan kalibrasi dengan debit aktual menggunakan SPSS hasil kalibrasi debit dapat dilihat pada gambar 7. Dari gambar 7 dapat dilihat hasil kalibrasi prakiraan debit *inflow* waduk Jatigede dengan debit aktual diperoleh koefisien korelasi yang cukup tinggi yaitu 0,933. Hal ini menunjukkan korelasi yang sangat kuat (hubungan searah yang kuat) sehingga dapat dikatakan bahwa model korelasi spasial debit layak untuk memprakirakan debit *inflow* waduk Jatigede.

Tabel 3 Debit prakiraan debit inflow waduk Jatigede model korelasi spasial debit-debit

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agust	Sep	Okt	Nop	Des
2006	17	22	18	17	19	14	11	6	10	8	10	20
2007	33	28	24	15	15	11	10	12	12	14	16	19
2008	20	13	13	14	13	15	20	14	12	14	34	41
2009	24	14	28	22	12	13	11	11	9	14	21	17
2010	17	24	19	21	24	26	19	21	19	22	24	23
2011	23	22	24	24	24	23	17	20	17	17	21	32
2012	45	79	72	69	58	56	51	48	50	72	96	85
2013	90	107	108	123	122	101	108	121	89	66	112	124
2014	122	84	77	84	76	14	11	6	4	5	5	8
2015	8	4	4	4	9	7	5	4	4	6	4	6

Sumber: Hasil analisis

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics			Durbin-Watson	
					R Square Change	F Change	Sig. F Change		
1	,933 <sup>a</sup>	,870	,869	13,10371	,870	791,119	1 118	,000	1,724

a. Predictors: (Constant), Q\_LWG\_PRAK

b. Dependent Variable: Q\_LWG\_AKTUAL

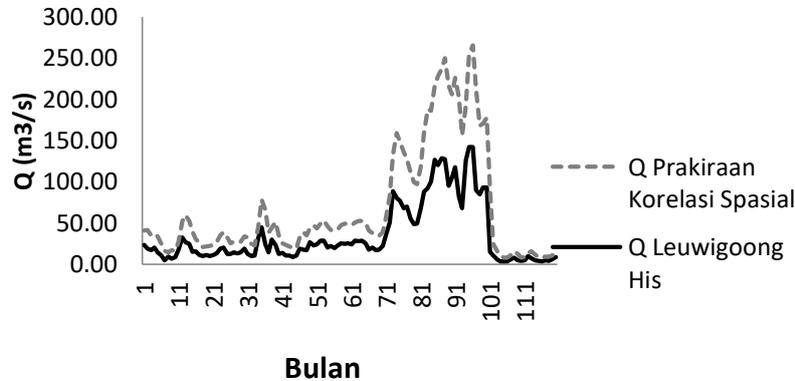
Sumber: Hasil analisis

dengan : Q\_LWG\_PRAK = debit prakiraan Leuwigoong

Q\_LWG\_AKTUAL = debit historik Leuwigoong

Gambar 7 Kalibrasi debit historis dengan debit prakiraan

Untuk melihat kesesuaian hasil prediksi dengan data historis maka dibuat grafik antara debit historis dengan debit prakiraan korelasi spasial yang disajikan pada Grafik 1.



Sumber: Hasil analisis

dengan :

Q Prakiraan Korelasi Spasial = debit prakiraan Leuwigoong menggunakan model korelasi spasial (debit)

Q Leuwigoong His = debit historik Leuwigoong

Grafik 1. Kalibrasi debit prakiraan dengan debit historis

Dari grafik 1 dapat dilihat bahwa Q (debit) prakiraan korelasi spasial dengan debit Leuwigoong historis memiliki trend yang sama dengan nilai yang hampir sama juga. Hal ini menunjukkan bahwa model korelasi spasial lebih adaptif dalam terhadap ketidakpastian debit. Model ini memprediksi debit yang akan datang dengan menggunakan korelasi antara debit historical pada stasiun utama (Leuwigoong) dengan stasiun debit lain yang dekat dengan stasiun debit utama, hal ini didasarkan pada sifat komponen hidrologi salah satunya debit yang bersifat acak dan cenderung stokastik (Arwin, 2002), acak berarti nilainya tidak pasti terhadap ruang dan waktu, kemudian stokastik berarti sifatnya bisa diketahui dengan melihat sifat masa lalunya. Sehingga model korelasi spasial debit ini baik untuk prediksi ketidakpastian debit yang akan datang karena sesuai dengan sifat debit itu sendiri.

### 3.2. Debit prakiraan Chain Markov

Model debit prakiraan yang kedua dengan menggunakan model Diskrit Markov yaitu peramalan debit masa depan bulanan. Klasifikasi debit digunakan untuk menggolongkan kelas debit historis. Dalam pengklasifikasian data debit, data debit tersebut dibagi secara diskrit menjadi tiga kategori kering (0), normal (1), dan basah (2), dengan mengurutkan data debit dari yang paling besar ke kecil. Kemudian dicari nilai batas kelas debit bulanan Leuwigoong (2005-2015) Tabel 4.

Tabel 4. Batas kelas debit bulanan DAS Cimanuk-Jatigede (2005-2015)

Bulan	Interval Debit (m <sup>3</sup> /s)					
	Debit Kering (0)		Debit Normal (1)		Debit Basah (2)	
Jan	4,44	- 22,36	22,37	- 51,37	51,38	- 126,57
Feb	3,84	- 22,18	22,19	- 50,08	50,09	- 120,35
Mar	4,64	- 21,52	21,53	- 47,71	47,72	- 108,30
Apr	9,79	- 18,53	18,54	- 45,12	45,13	- 107,90

Bulan	Interval Debit (m <sup>3</sup> /s)					
	Debit Kering (0)		Debit Normal (1)		Debit Basah (2)	
Mei	7,04	- 14,20	14,21	- 26,83	26,84	- 93,16
Jun	4,97	- 10,63	10,64	- 19,44	19,45	- 73,36
Jul	3,80	- 10,99	11,00	- 21,04	21,05	- 56,09
Agust	3,55	- 9,70	9,71	- 18,19	18,20	- 73,77
Sep	3,44	- 10,65	10,66	- 19,69	19,70	- 89,77
Okt	3,49	- 15,60	15,61	- 28,28	28,29	- 54,20
Nop	6,03	- 17,77	17,78	- 39,29	39,30	- 79,23
Des	7,95	- 21,21	21,22	- 39,47	39,48	- 100,20

Sumber: Hasil analisis

Setelah diketahui batas kelas debit kering, basah, normal kemudian kemudian didapatkan nilai debit rata-rata bulanan setiap kelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel **Error! No text of specified style in document..** Nilai debit rata-rata bulanan setiap kelas DAS Cimanuk-Jatigede (2005-2015)

Bulan	Debit Basah (2)	Debit Normal (1)	Debit Kering (0)
	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
Jan	89,11	24,28	12,79
Feb	83,70	25,18	14,10
Mar	86,63	23,14	12,81
Apr	83,31	25,22	12,70
Mei	55,08	14,52	11,44
Jun	49,83	15,29	9,00
Jul	52,39	12,88	6,37
Agust	42,33	12,12	6,15
Sep	44,65	11,38	6,43
Okt	68,85	18,81	7,23
Nop	79,63	20,49	11,83
Des	83,05	23,74	13,62

Sumber: Hasil analisis

Langkah selanjutnya adalah dengan melakukan pengklasifikasian debit historis rata-rata bulanan untuk mencari probabilitas matriks transisi bulannya Tabel 6.

Tabel 6. Klasifikasi debit input bulanan DAS Cimanuk-Jatigede dengan (2005-2015)

Tahun	Jan	Feb	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
2005	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1
2006	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
2007	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
2008	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	1
2009	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0
2010	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1
2011	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
2012	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2013	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2014	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0
2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Sumber: Hasil analisis

Debit historis yang sudah diklasifikasikan kedalam 3 kelas (kering,basah, normal) kemudian dicari nilai probabilitas matriks transisi bulannya, salah satu contoh probabilitas matriks transisi bulanan dari bulan januari ke bulan februari diperlihatkan oleh Tabel 7

Tabel 7. Matriks transisi Chain- Markov bulanan orde 3 kelas

Kondisi Bulan Januari (t)	Kondisi Februari (t+1)			1,00	P <sub>0N</sub>
	0	1	2		
0	0,75	0,25	0,00	1,00	P <sub>0N</sub>
1	0,25	0,75	0,00	1,00	P <sub>1N</sub>
2	0,00	0,00	1,00	1,00	P <sub>2N</sub>
	1,00	1,00	1,00		P <sub>NN</sub>
	P <sub>N0</sub>	P <sub>N1</sub>	P <sub>N2</sub>	P <sub>NN</sub>	

Sumber: Hasil analisis

Setelah diketahui probabilitas matriks transisi setiap bulannya kemudian dicari debit prakiraan tiap bulannya. Debit bulanan yang sudah diprediksi menggunakan model Diskrit Markov ditunjukkan pada Tabel 8.

Kemudian hasil prediksi dikalibrasi dengan debit historik untuk melihat kesesuaian hasil prediksi dengan data historis ditunjukkan oleh Gambar 8.

Tabel 8. Data debit bulanan DAS Cimanuk-Jatigede hasil prakiraan model diskrit markov (2005-2015)

. Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agust	Sep	Okt	Nop	Des
2005	13	14	13	25	15	9	13	12	11	19	20	24
2006	24	25	13	13	15	15	6	6	6	7	12	24
2007	13	25	23	13	11	9	6	6	11	19	12	14
2008	24	14	13	13	11	15	13	12	11	19	80	83
2009	13	14	23	25	11	15	13	6	6	7	20	14
2010	24	25	23	25	15	50	52	42	45	69	80	14
2011	89	25	23	25	15	15	13	12	11	19	20	14
2012	89	84	87	83	55	50	52	42	45	69	80	83
2013	89	84	87	83	55	50	52	42	45	69	80	83
2014	13	84	87	83	55	15	6	6	6	7	12	24
2015	13	14	13	13	11	9	6	6	6	7	12	24

Sumber: Hasil analisis

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,797 <sup>a</sup>	,636	,633	21,10751

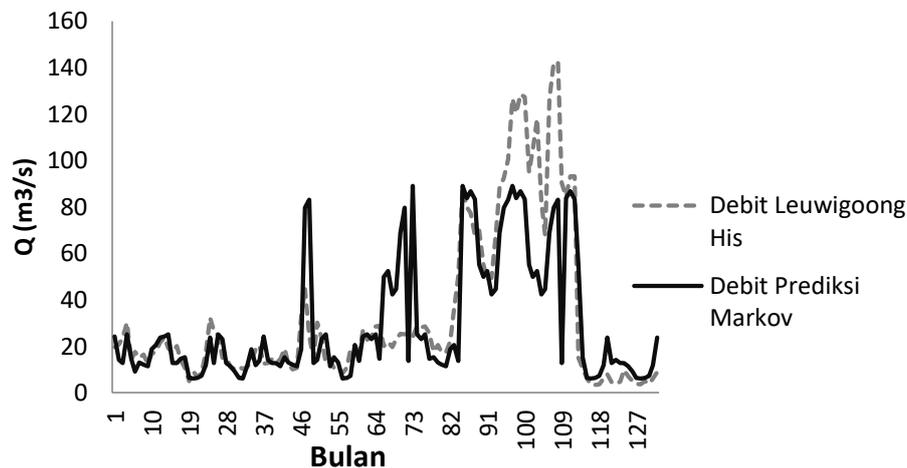
a. Predictors: (Constant), Qmarkov

Sumber: Hasil analisis

Gambar 1. Kalibrasi debit historis dengan debit prakiraan

Dari gambar 8 dapat dilihat hasil kalibrasi prakiraan debit *inflow* waduk Jatigede dengan debit aktual diperoleh koefisien korelasi yang cukup tinggi yaitu 0,797. Hal ini menunjukkan korelasi yang sangat kuat (hubungan searah yang kuat) sehingga dapat dikatakan bahwa model Chain-Markov layak untuk memprakirakan debit *inflow* waduk Jatigede.

Untuk melihat kesesuaian hasil prediksi dengan data historis maka dibuat grafik antara debit historis dengan debit prakiraan Chain Markov yang disajikan pada Grafik 2 sebagai berikut ini.



Sumber: Hasil analisis

Grafik 2. Grafik debit prakiraan model Chain-Markov dengan debit historis DAS Cimanuk-Jatigede (2005-2015)

Dari grafik 2 dapat dilihat bahwa debit prakiraan diskrit Chain-Markov dengan debit Leuwigoong historis memiliki trend yang sedikit berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa model diskrit Chain-Markov kurang adaptif dibandingkan dengan model korelasi spasial debit. Model ini memprediksi debit yang akan datang dengan menggunakan rata-rata debit kering, normal dan basah pada stasiun utama (Leuwigoong), sehingga prediksi debit kurang presisi. Sebagai contoh untuk data debit historical kering diprediksi dengan rata-rata debit kering dimana nilai rata-rata kering tersebut bisa lebih tinggi ataupun lebih rendah dibandingkan dengan data debit historical kering, begitu pula dengan prediksi debit historical normal dan basah.

#### 4. Simpulan Dan Saran

Model prakiraan debit korelasi spasial debit-debit kuarterner memiliki nilai koefisien korelasi dengan debit historis sebesar 0,933 dan debit prakiraan model Chain - Markov memiliki nilai koefisien korelasi sebesar 0,797. Nilai koefisien korelasi kedua model masing-masing mendekati angka 1, hal ini berarti hubungan antara debit prakiraan dengan debit historis kuat dan linier, sehingga dapat dikatakan kedua model layak untuk memprediksi debit *inflow* waduk Jatigede. Model debit ini memenuhi syarat untuk digunakan dalam simulasi optimasi pola operasi waduk multiguna Jatigede, sehingga diharapkan waduk dapat memenuhi kebutuhan air *downstream* dan meminimalisir air yang terbuang melalui *spillway*.

Saran untuk penelitian selanjutnya diharapkan untuk menggunakan data debit dengan time series lebih dari 15 tahun agar lebih baik dalam memprediksi debit *inflow* waduk dan melanjutkan penelitian model prakiraan debit dengan melakukan simulasi optimasi pola operasi waduk.

## **5. Pernyataan**

Penelitian dengan judul “Model Prakiraan Debit Untuk Optimasi Pola Operasi Waduk Multiguna Jatigede ”dibiayai oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia .

## **6. Daftar Pustaka**

Arwin. (2002). *Tren Global Pembangunan Infrastruktur Sumber Daya Air yang berkelanjutan Dalam rangka Diskusi Pakar Perumusan Kebijakan Eco-Efficient Water Infrastructure Indonesia*, Direktorat Pengairan dan Irigasi

Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Cimanuk-Cisanggarung (2018). Data sekunder.

Balai PSDA Wilayah Sungai Cimanuk-Cisanggarung (2018). Data sekunder.

PT Multimera Harapan. (2013). Supervisi Waduk Jatigede.

Pusat Litbang Sumber Daya Air Bandung (PUSAIR) (2018). Data Sekunder.

Risdiana C., A., Pranoto S., A., Sri S. (2015) . Unjuk Kerja Waduk Jatigede. *Jurnal Ilmu dan Terapan Bidang Teknik Sipil*, Vol.21, No. 2.

Yeni, Nuraeni. (2015). Metode Memperkirakan Debit Air yang Masuk ke Waduk dengan Metode Stokastik Chain Markov (Contoh Kasus: Pengoperasian Waduk Air Saguling). *Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*. Vol. 18 No. 2.