

Kode>Nama Rumpun Ilmu: 422/Teknik Lingkungan
Bidang Fokus: Pengembangan Teknologi dan
Manajemen Transportasi

LAPORAN AKHIR
PROGRAM HIBAH DOSEN PEMULA
TAHUN ANGGARAN 2017/2018



Judul

Model Prakiraan Debit Untuk Optimasi Pola Operasi Waduk Multiguna Jatigede

Ira Mulyawati S.Si., MT

0325068703

Ibnu Fazhar, ST. MT

0330017101

UNIVERSITAS SAHID JAKARTA
SEPTEMBER 2018

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : MODEL PRAKIRAAN DEBIT UNTUK OPTIMASI
POLA OPERASI WADUK MULTIGUNA JATIGEDE

Peneliti/Pelaksana
Nama Lengkap : IRA MULYAWATI, S.Si, M.T
Perguruan Tinggi : Universitas Sahid
NIDN : 0325068703
Jabatan Fungsional : Tidak Punya
Program Studi : Teknik Lingkungan
Nomor HP : 089623051320
Alamat surel (e-mail) : ira.mulyawati@gmail.com

Anggota (1)
Nama Lengkap : IBNU FAZHAR S.T, M.T
NIDN : 0330017101
Perguruan Tinggi : Universitas Sahid

Institusi Mitra (jika ada)
Nama Institusi Mitra : -
Alamat : -
Penanggung Jawab : -
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 1 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 20,000,000
Biaya Keseluruhan : Rp 20,000,000

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik Universitas Sahid

(NININ GUSDINI, ST., MT)
NIP/NIK 20000415

Kota Jakarta Selatan, 12 - 11 - 2018

Ketua,

(IRA MULYAWATI, S.Si, M.T)
NIP/NIK 20160591

Menyetujui,
Ketua LPPM Universitas Sahid

(Prof. Dr. Ir. GIYATMI, M.Si)
NIP/NIK 19940236

RINGKASAN

Kebijakan strategis sumber air baku untuk memenuhi laju kebutuhan air Regional Provinsi Jawa Barat salah satunya 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 debit andalan sungai Cimanuk, debit rencana dan model prakiraan debit yang masuk ke waduk Jatigede. Perhitungan debit andalan diperoleh dari hasil debit minimum durasi 30 hari stasiun Leuwigoong kemudian dihitung probabilitas debit 90 % diperoleh nilai debit andalan sebesar $2,05 \text{ m}^3/\text{s}$. Untuk debit rencana waduk Jatigede dihitung dari debit bulanan stasiun Leuwigoong dengan probabilitas debit 90 % diperoleh $5,67 \text{ m}^3/\text{s}$. 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 digunakan pada simulasi pengelolaan waduk optimal dengan lintasan pedoman menggunakan lintasan kering probabilitas 90% yang analog dengan periode ulang (PU) 10 tahun, normal dan basah PU 10 tahun. Dari hasil simulasi diperoleh korelasi antara cadangan air diwaduk (*Stoke*) pedoman dengan *Stoke* (St) aktual atau koreksi sebesar 0,748, nilai ini menunjukkan hubungan yang kuat dan linier antara St pedoman dengan St koreksi. Sehingga dengan mengaplikasikan St pedoman pada waduk dapat menjamin keandalan waduk untuk memenuhi kebutuhan air baku minum.

Kata kunci: Sungai Cimanuk, Korelasi Spasial, Chain Markov

DAFTAR ISI

DAFTAR LAMPIRAN	6
DAFTAR TABEL	7
DAFTAR GAMBAR	8
DAFTAR GRAFIK	9
BAB 1 PENDAHULUAN	10
1.1 LATAR BELAKANG	10
1.5 RUMUSAN MASALAH.....	12
1.6 RUANG LINGKUP PENELITIAN	12
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	13
2.1. HUJAN (P)	13
2.2. DEBIT (Q).....	14
2.3. BENDUNGAN ATAU WADUK	14
2.4. ANALISIS REGRESI BERGANDA.....	15
2.5. ANALISIS KORELASI LINIER GANDA.....	18
2.6. MODEL PRAKIRAAN KORELASI SPASIAL HUJAN-DEBIT	19
2.7. MODEL CHAIN MARKOV	21
2.8. SISTEM PENGELOLAAN WADUK	23
BAB 3 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	24
3.1. TUJUAN PENELITIAN.....	24
3.2. MANFAAT PENELITIAN	24
BAB 4 METODE PENELITIAN	25
4.1. OBJEK DAN DATA PENELITIAN	25
4.2. RANCANGAN PENELITIAN.....	26
4.3. TEKNIK ANALISIS DATA	28

BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
5.1. PENGUMPULAN DATA.....	31
5.1.1. DATA DEBIT DAN CURAH HUJAN	31
.....	33
5.2. DEBIT ANDALAN	36
5.3. DEBIT ANDALAN	38
5.4. UJI NORMALITAS	40
5.5. DEBIT PRAKIRAAN.....	44
5.5.2. DEBIT PRAKIRAAN CHAIN MARKOV.....	49
5.6. SIMULASI PENGELOLAAN WADUK OPTIMAL	55
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....	64
6.1. KESIMPULAN	64
.....	64
6.2. SARAN	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1Data debit Pos Duga Air Leuwigoong (2005-2015)	67
Lampiran 2Data debit Pos Duga Air Leuwidaun (2005-2015)	68
Lampiran 3Data debit Pos Duga Air Bojongloa (2005-2015).....	69
Lampiran 4Kondisi Fisik Waduk Jatigede 2018	70
Lampiran 5Peneliti Pada Saat Pengambilan Data di PUSAIR Bandung 2018	71
Lampiran 6Form Pengambilan Data di PUSAIR Bandung 2018.....	72

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1Pos Pencatatan Debit	31
Tabel 5.2Pos Pencatatan Hujan	31
Tabel 5.3Debit Andalan DAS Cimanuk-Pos Leuwigoong (2005-2015).....	37
Tabel 5.4Debit Rencana DAS Cimanuk-Pos Leuwigoong (2005-2015)	39
Tabel 5.5Data Debit Hasil Tranformasi	41
Tabel 5.6Debit Prakiraan Debit Inflow Waduk Jatigede Model Korelasi Spasial Debit	47
Tabel 5.7Batas Kelas Debit Bulanan DAS Cimanuk-Jatigede (2005-2015).....	49
Tabel 5.8Nilai Debit Rata-Rata Bulanan Setiap Kelas DAS Cimanuk-Jatigede (2005- 2015).....	49
Tabel 5.9Klasifikasi Debit Input Bulanan DAS Cimanuk-Jatigede dengan Model Diskrit Markov (2005-2015)	51
Tabel 5.10Matriks Transisi Markov Bulanan Orde 3 kelas.....	52
Tabel 5.11Data Debit Bulanan DAS Cimanuk-Jatigede Hasil Prakiraan Model Diskrit Markov (2005-2015)	53
Tabel 5.12 Matriks Transisi Tiga Kelas Orde 1 Tahunan	55
Tabel 5.13 Perhitungan Pedoman Lintasan Kering PU 10 Tahun.....	55
Tabel 5.14 Perhitungan Pedoman Lintasan Normal.....	56
Tabel 5.15 Perhitungan Pedoman Lintasan Basah PU 10 Tahun	57
Tabel 5.16 Hasil Perhitungan Simulasi Pola Pengusahaan Waduk dengan Menggunakan Pedoman Lintasan Periode Ulang 10 Tahun	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Model Korelasi Regresi Linier Ganda	19
Gambar 4.1 Peta lokasi waduk Jatigede	25
Gambar 4.2 Diagram Alir Tahapan Penelitian	27
Gambar 5.1 Peta Pos Pengukur Duga Air	33
Gambar 5.2 Peta Pos Penakar Curah Hujan	34
Gambar 5.3 Uji Normalitas data debit aktual	40
Gambar 5.4 Uji Normalitas Transformasi data debit	44
Gambar 5.5 Nilai Koefisien Korelasi Model Prakiraan Debit Korelasi Spasial Debit...45	
Gambar 5.6 Persamaan untuk memprakirakan debit inflow	45
Gambar 5.7 Kalibrasi Debit Inflow Waduk Jatigede Dengan Debit Aktual	47
Gambar 5.8 Nilai Koefisien Korelasi Debit Historis dengan Debit Model Chain Markov	52
Gambar 5.9 Nilai Koefisien St Pedoman dengan St Koreksi	63

DAFTAR GRAFIK

Grafik 5.1 Kalibrasi Debit Prakiraan Model Korelasi Spasial dengan Debit Historis Pos Leuwigoong Sungai –Cimanuk-Jatigede (2005-2015).....	48
Grafik 5.2 Grafik Debit Prakiraan Model Diskrit Markov dengan Debit Historis Pos Leuwigoong -DAS Cimanuk-Jatigede (2005-2015)	54
Grafik 5.3 Simulasi Pola Pengusahaan Waduk dengan Menggunakan Pedoman Lintasan Periode Ulang 10 Tahun	63

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air minum merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia dan sangat diperlukan dalam meningkatkan kualitas kehidupan manusia dan pertumbuhan ekonomi suatu wilayah. Sumber utama dari berbagai alternatif air baku, untuk pemenuhan kebutuhan air minum penduduk adalah air permukaan. Perubahan iklim global dan perilaku manusia yang kurang bertanggung jawab terhadap air permukaan akhir-akhir ini, menyebabkan memburuknya kualitas air baku tersebut, bahkan telah melampaui nilai standar baku mutu air yang berlaku.

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) adalah kawasan perkotaan yang berfungsi untuk melayani kegiatan skala internasional, nasional, atau beberapa provinsi. Selain itu, dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Provinsi Jawa Barat termasuk pada WP Ciayumajakuning sebagai penjabaran dari Kawasan Andalan Ciayumajakuning yang antisipatif terhadap perkembangan pembangunan wilayah perbatasan, meliputi Kabupaten Cirebon, Kota Cirebon, Kabupaten Indramayu, Kabupaten Majalengka, Kabupaten Kuningan, dan sebagian wilayah di Kabupaten Sumedang. Pembangunan di Jawa Barat bagian timur dalam hal ini di Kabupaten Sumedang, Kabupaten Majalengka, Kabupaten Cirebon dan Kota Cirebon sangat pesat. Dimana terdapat pem bangunan Bandara Internasional Jawa Barat (BIJB) yang terletak di Kabupaten Majalengka.

Selain itu terdapat pembangunan jalan tol Cikampek-Palimanan (Cipali) dan pembangunan jalan tol Cileunyi-Sumedang-Dawuan (Cisundawu). Dengan adanya kegiatan pembangunan tersebut memberikan pengaruh yang positif bagi kondisi sosial dan ekonomi masyarakat di sekitarnya

Kawasan perkotaan merupakan pusat dari kegiatan sosial maupun ekonomi bagi wilayah sekitarnya. Oleh karena itu, dengan pesatnya pembangunan yang berada di wilayah perkotaan Kabupaten Sumedang, Kabupaten Majalengka, Kabupaten Cirebon dan Kota Cirebon akan disusul dengan meningkatnya perekonomian masyarakatnya. Untuk itu permintaan (*demand*) mengenai air minum akan semakin meningkat. Permintaan (*demand*) air minum tidak sebanding dengan kapasitas penyediaan air minum oleh PDAM dari setiap wilayah kajian dan sumber air baku yang terbatas. Khususnya untuk Kota Cirebon memiliki potensi kerawanan terhadap tersedianya air minum karena tergantung pada Kabupaten Kuningan. Dengan permintaan air minum yang semakin meningkat saat ini, sumber air dari Kabupaten Kuningan setiap tahunnya mengalami penurunan. Pada tahun 2014 debit sumber air dari Pantiis untuk PDAM Kota Cirebon sebesar 400 liter/detik (*Buku Putih Sanitasi Kota Cirebon, 2016*).

Dengan adanya pembangunan Waduk Jatigede di Kabupaten Sumedang dengan alokasi untuk memenuhi kebutuhan air baku sebesar 3,5 m³/dt, diharapkan dapat mengatasi kebutuhan air minum di Kabupaten Sumedang, Kabupaten Majalengka, Kabupaten Cirebon dan Kota Cirebon (Risidiana Cholifatul Afifah, Pranoto Samto Atmodjo, Sri Sangkawati, 2015).

Dalam rangka pemenuhan kebutuhan air baku , 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 (Risidiana Cholifatul Afifah, Pranoto Samto Atmodjo, Sri Sangkawati, 2015). 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 saluran pelimpah air (*spillway*) pada musim hujan.

1.5 Rumusan Masalah

Dari uraian diatas, maka masalah yang akan diangkat dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana keandalan sungai Cimanuk dalam memenuhi kebutuhan air baku minum *domestic* untuk daerah Kabupaten Cirebon dan Indramayu sebesar 3.500 l/det?
2. Berapa debit rencana waduk Jatigede dalam rangka memenuhi kebutuhan air baku minum *domestic* untuk daerah Kabupaten Cirebon dan Indramayu sebesar 3.500 l/det ?
3. Berapa nilai koefisien korelasi antara debit *inflow historical* dengan debit *inflow* prakiraan dengan model prakiraan debit yang pertama menggunakan model korelasi spasial kemudian model yang kedua menggunakan Chain Markov?
4. Bagaimana hasil simulasi optimasi pola pengoperasian waduk Jatigede menggunakan model prakiraan debit terpilih ?

1.6 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah :

1. Perhitungan keandalan sungai Cimanuk menggunakan debit *inflow* bulanan waduk Jatigede *historical* (Q)
2. Prakiraan debit *inflow* waduk Jatigede bulanan (Q+1) (variabel *dependent*) menggunakan model korelasi spasial hujan dan debit dengan menggunakan tiga variabel *independent* (debit *historical* bulanan (Qt), curah hujan bulanan (Pt) dua stasiun yang ada di DAS Cimanuk)
3. Prakiraan debit *inflow* waduk Jatigede bulanan model Chain Markov dengan menggunakan debit *inflow* waduk Jatigede bulanan *historical*
4. Simulasi optimasi pola pengoperasian waduk Jatigede menggunakan lintasan waduk dari hasil model prakiraan debit dengan koefisien korelasi paling tinggi.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1.Hujan (P)

Menurut Hadisusanto (2010), Hujan adalah titik-titik air yang jatuh dari awan melalui lapisan atmosfer ke permukaan bumi secara proses alam. Hujan turun ke permukaan bumi selalu didahului dengan adanya pembentukan awan, karena adanya penggambungan uap air yang ada di atmosfer melalui proses kondensasi, maka terbentuklah butir – butir air yang bila lebih berat dari gravitasi akan jatuh berupa hujan.

Menurut data BMKG, rata-rata curah hujan di Indonesia untuk setiap tahunnya tidak sama. Namun masih tergolong cukup melimpah, yaitu rata-rata 2000-3000 mm/tahun. Begitu pula antara tempat yang satu dengan tempat yang lainnya rata-rata curah hujannya tidak sama.

Ada beberapa daerah yang mendapat curah hujan sangat rendah dan ada pula daerah yang mendapat curah hujan tinggi :

1. Daerah yang mendapat curah hujan rata-rata per tahun kurang dari 1000 mm, meliputi 0,6% dari luas wilayah Indonesia, di antaranya Nusa Tenggara dan 2 daerah di Sulawesi (lembah Palu dan Luwuk)
2. Daerah yang mendapat curah hujan antara 1000-2000 mm per tahun di antaranya sebagian Nusa Tenggara, daerah sempit di Merauke, Kepulauan Aru, dan Tanibar
3. Daerah yang mendapat curah hujan antara 2000-3000 mm per tahun, meliputi Sumatera Timur, Kalimantan Selatan, dan Timur sebagian besar Jawa Barat dan Sulawesi
4. Daerah yang mendapat curah hujan tertinggi lebih dari 3000 mm per tahun meliputi dataran tinggi di Sumatera Barat, Kalimantan Tengah, dataran tinggi Irian bagian tengah, dan beberapa daerah di Jawa, Bali, Lombok, dan Sumbawa.

2.2. Debit (Q)

Debit aliran adalah jumlah air yang mengalir dalam satuan volume per waktu. Debit adalah satuan besaran air yang keluar dari Daerah Aliran Sungai (DAS). Satuan debit yang digunakan adalah meter kubik per detik (m^3/s). Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu (Asdak, 2002).

Dalam praktek, sering variasi kecepatan pada tampang lintang diabaikan, dan kecepatan aliran dianggap seragam di setiap titik pada tampang lintang yang besarnya sama dengan kecepatan rerata V , sehingga debit aliran adalah:

$$Q = \sum(A \times V) \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

Q = debit aliran (m^3/det)

A = luas penampang (m^2)

V = Kecepatan aliran (m/det)

2.3. Bendungan atau Waduk

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 37 Pasal 1 Tahun 2010 tentang Bendungan, bahwa bendungan adalah bangunan yang berupa urukan tanah, urukan batu, beton, dan atau pasangan batu yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, dapat pula dibangun untuk menahan dan menampung limbah tambang (tailing), atau menampung lumpur sehingga terbentuk waduk. Bendungan atau waduk merupakan wadah buatan yang terbentuk sebagai akibat dibangunnya bendungan.

Menurut Peraturan Menteri Nomor 72/PRT/1997, bendungan adalah setiap bangunan penahan air buatan, jenis urukan atau jenis lainnya yang menampung air atau dapat menampung air, termasuk pondasi, bukit/tebing tumpuan, serta bangunan pelengkap dan peralatannya, termasuk juga bendungan limbah galian, tetapi tidak termasuk bendung

dan tanggul. Sebuah bendungan berfungsi sebagai penangkap air dan menyimpannya di musim hujan waktu air sungai mengalir dalam jumlah besar dan yang melebihi kebutuhan baik untuk keperluan, irigasi, air minum, industri atau yang lainnya. Dengan memiliki daya tampung tersebut sejumlah besar air sungai yang melebihi kebutuhan dapat disimpan dalam waduk dan baru dilepas mengalir ke dalam sungai lagi di hilirnya sesuai dengan kebutuhan pada saat diperlukan. Sebuah bendungan dapat dibuat dari bahan bangunan urugan tanah campur batu berukuran kecil sampai besar atau dari beton.

Bila aliran sungai yang masuk ke dalam waduk tersebut melebihi air yang dialirkan ke luar waduk sesuai dengan kebutuhan, maka isi waduk makin lama makin penuh dan dapat melampaui batas daya tampung rencananya, sehingga permukaan air dalam waduk akan naik terus dan akhirnya melimpas. Untuk mencegah terjadinya limpasan air pada sebuah bendungan, limpasan air itu dilokalisir pada bangunan pelimpah yang lokasinya dipilih menurut kondisi topografi yang terbaik.

Panjang bangunan pelimpah dihitung menurut debit rencana sedemikian rupa hingga tinggi muka air waduk tidak akan naik lebih tinggi dari pusat bendungan dan bahkan biasanya direncanakan agar muka air waduk itu lebih rendah dari puncak bendungan minimum 5 m. Beda tinggi bervariasi dari 5 - 20 m. Tinggi bendungan bervariasi dari sekitar 15 m sampai ratusan meter. Disebut dengan tinggi bendungan adalah perbedaan elevasi antara puncak bendungan.

2.4. Analisis Regresi Berganda

Analisis regresi berganda merupakan perluasan dari analisis regresi linier sederhana. Dalam regresi linier sederhana, dibuat analisis hubungan dua variabel (satu variabel independent dengan satu variabel dependent) yang dinyatakan dengan persamaan linier $Y' = a + bX$, dengan tujuan membuat prediksi tentang besarnya nilai Y (variabel dependent) berdasarkan nilai X (variabel independent) tertentu (Sugiono, 2006).

Prediksi perubahan variabel dependent (Y) akan menjadi lebih baik apabila dimasukkan lebih dari satu variabel independent dalam persamaan liniernya ($X_1, X_2, \dots, X_n$).

Hubungan antara lebih dari satu variabel independent dengan satu variabel dependent inilah yang dibicarakan dalam analisis regresi linier berganda. Hubungan antara banyak variabel inilah yang sesungguhnya terjadi dalam dunia nyata, karena sebenarnya kebanyakan hubungan antar variabel dalam ilmu soisal merupakan hubungan statistik, artinya bahwa perubahan nilai Y tidak mutlak hanya dipengaruhi oleh satu nilai X tertentu tetapi dipengaruhi oleh banyak nilai X.

Model regresi berganda dengan 1 variabel dependent (Y) dengan n variabel independent (X) adalah :

$$Y' = a + b_1.X_1 + b_2.X_2 + \dots + b_n.X_n + e).....(2)$$

Misalnya untuk n = 2, model regresinya adalah :

$$Y' = a + b_1.X_1 + b_2.X_2 + e).....(3)$$

Dimana :

Y' = nilai Y prediksi

X_1 = Variabel bebas 1

X_2 = Variabel bebas 2

b_1 = Koefisien regresi variabel bebas 1, adalah perubahan pada Y untuk setiap perubahan X_1 sebesar 1 unit dengan asumsi X_2 konstan

b_2 = Koefisien regresi variabel bebas 2, adalah perubahan pada Y untuk setiap perubahan X_2 sebesar 1 unit dengan asumsi X_1 konstan

e = Kesalahan Prediksi (error)

Analisis regresi linier berganda, berdasarkan penelitian sampel dinyatakan dengan persamaan linier :

$$Y' = a + b_1.X_1 + b_2.X_2 + \dots + b_n.X_n).....(4)$$

Untuk kasus dua variabel independent, persamaan liniernya dinyatakan sebagai :

$$Y' = a + b_1.X_1 + b_2.X_2).....(5)$$

Untuk mendapatkan nilai a, b₁ dan b₂ digunakan rumus-rumus sebagai berikut :

$$a = \bar{Y} - b_1\bar{X}_1 - b_2\bar{X}_2).....(6)$$

$$b_1 = \frac{(\sum X_2^2)(\sum X_1 Y) - (\sum X_1 X_2)(\sum X_2 Y)}{(\sum X_1^2)(\sum X_2^2) - (\sum X_1 X_2)^2}).....(7)$$

$$b_2 = \frac{(\sum X_1^2)(\sum X_2 Y) - (\sum X_1 X_2)(\sum X_1 Y)}{(\sum X_1^2)(\sum X_2^2) - (\sum X_1 X_2)^2}).....(8)$$

dimana :

- $\sum X_1^2 = \sum X_1^2 - \frac{(\sum X_1 Y)^2}{n}$
- $\sum X_2^2 = \sum X_2^2 - \frac{(\sum X_2 Y)^2}{n}$
- $\sum X_1 Y = \sum X_1 Y - \frac{(\sum X_1)(\sum Y)}{n}$
- $\sum X_2 Y = \sum X_2 Y - \frac{(\sum X_2)(\sum Y)}{n}$
- $\sum X_1 X_2 = \sum X_1 X_2 - \frac{(\sum X_1)(\sum Y)}{n}$
- $\sum Y^2 = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n}$
- $\bar{Y} = \sum \frac{Y}{n}$
- $\bar{X}_1 = \frac{\sum X_1}{n}$

$$\bar{X}_2 = \frac{\sum X_2}{n}$$

2.5. Analisis Korelasi Linier Ganda

Analisis korelasi berganda merupakan perluasan dari analisis korelasi sederhana. Dalam analisis korelasi berganda bertujuan untuk mengetahui bagaimana derajat hubungan antara beberapa variabel independent (Variabel $X_1, X_2, \dots, X_k$) dengan variabel dependent (Variabel Y) secara bersama-sama (Sugiono, 2006).

Asumsi-asumsi sehubungan dengan analisis regresi berganda tersebut adalah :

1. Variabel-Variabel independent dan variabel dependent mempunyai hubungan linier
2. Semua variabel, baik variabel-variabel independent maupun variabel dependent, merupakan variabel-variabel random kontinyu.
3. Distribusi kondisional nilai masing-masing variabel berdistribusi normal (multivariate normal distribution)
4. Untuk berbagai kombinasi nilai variabel yang satu dengan yang lain tertentu, variance dari distribusi kondisional masing-masing variabel adalah homogen (asumsi homoscedasticity berlaku untuk semua variabel)
5. Untuk masing-masing variabel, nilai observasi yang satu dengan yang lain, tidak berkaitan.

Berdasarkan korelasi berganda, yang diberi notasi $R_{Y.12,\dots,n}$ dihitung melalui jalur terjadinya hubungan antara beberapa variabel independent ($X_1, X_2, \dots, X_n$) dengan satu variabel dependent (Y), yakni yang berupa regresi linier berganda $Y' = a + b_1.X_1 + b_2.X_2 + \dots + b_n.X_n$.

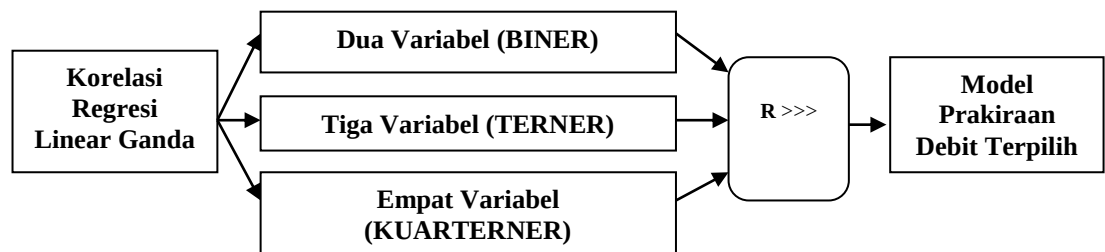
Berdasarkan adanya regresi berganda tersebut, koefisien korelasi linier berganda tersebut dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$R_{Y.12} = \sqrt{\frac{b_1 \sum X_1 Y + b_2 \sum X_2 Y + \dots + b_n \sum X_n Y}{\sum Y^2}} \dots\dots\dots(9)$$

2.6. Model Prakiraan Korelasi Spasial Hujan-Debit

Debit air (Q) merupakan variable acak sekarang dan masa yang akan datang (*Watershed Hydrology Statistical Model*) untuk mengoptimasikan pemakaian air (alokasi air), perlu dilakukan pendekatan prakiraan debit air masa depan menggunakan pendekatan korelasi parsial komponen-komponen utama hidrologi (P dan Q) membentuk model kontinu prakiraan debit air (Arwin, 2012).

- 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 2.1** dibawah memperlihatkan model – model regresi dan korelasi liner beberapaa variabel.



Gambar 2.1 Model Korelasi Regresi Linier Ganda

Dari hasil penelitian sebelumnya diketahui bahwa model korelasi regresi 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 kuaterner terdiri dari empat stasiun hidrologi yaitu tiga stasiun penjelas (X_2 , X_3 , dan X_4 ,) dan satu stasiun yang akan dijelaskan (X_1).

Persamaan regresi linier dari model kuaterner dinyatakan sebagai berikut :

$$x_1 = r_2x_2 + r_3x_3 + r_4x_4 + \varepsilon \dots \dots \dots (10)$$

dengan :

$$\sum x_1x_j = r_2 \sum x_2x_j + r_3 \sum x_3x_j + r_4 \sum x_4x_j \dots \dots \dots (11)$$

Asumsi $E(\varepsilon x_j) = 0$ untuk $j = 2, 3$, dan 4 .

Jika $x_1 = Q_{t+1}$ (Debit masuk bulan $t+1$)

$x_2 = Q_t$ (Debit masuk bulan t)

$x_3 = P_{t1}$ (Curah hujan bulan t Stasiun 1 di DAS Cimanuk)

$x_4 = P_{t2}$ (Curah hujan bulan t Stasiun 2 di DAS Cimanuk)

sehingga dapat juga diekspresikan sebagai berikut :

$$Q_{t+1} = r_2 Q_t + r_3 P_{t1} + r_4 P_{t2} + \varepsilon \dots\dots\dots(12)$$

Model kuarterner dapat digunakan pada DAS untuk pengelolaan waduk air dengan ketidakpastian debit masa yang akan datang. Model ini terdiri dari empat tipe yaitu model terner tipe $PPP(Q_t)$, tipe $PPQ(Q_t)$, tipe $PQQ(Q_t)$ dan tipe $QQQ(Q_t)$.

2.7.Model Chain Markov

Seorang ahli matematika Rusia A.A. Markov (1856-1922) memperkenalkan sebuah asumsi bahwa hasil/output dari suatu percobaan (trial) bergantung hanya pada hasil/output percobaan sebelumnya. Asumsi ini mengantarkan kita pada sebuah formulasi dari konsep klasik dari proses stokhastik yang dikenal dengan *Proses Markov* atau *Chain Markov*. Pada proses markov, probabilitas pada suatu waktu tertentu bergantung/ditentukan hanya dari kejadian waktu sebelumnya. Konsep CHAIN MARKOV (Asher Levin, David ,2009) :

- Probabilitas kejadian pada suatu waktu tertentu bergantung/ditentukan hanya dari kejadian waktu sebelumnya.
- Jika $t_0 < t_1 < \dots < t_n$, ($n = 0,1,2,\dots$) > titik-titik waktu, maka kumpulan variabel acak $\{X(t_n)\}$ merupakan Proses Markov jika memenuhi kondisi sbb :

$P_{ij} = P\{X(t_n) = j / X(t_{n-1}) = i\}$ > Probabilitas transisi peluang kejadian j terjadi jika diketahui kejadian i terjadi.

Jika $t_0 < t_1 < \dots < t_n$, ($n = 0,1,2,\dots$) menyatakan titik-titik waktu, maka kumpulan variabel acak $[X(t_n)]$ adalah suatu Proses Markov yang memenuhi kondisi sebagai berikut :

$$P\{X(t_n) = X_n | X(t_{n-1}) = X_{n-1}, \dots, X(t_0) = X_0\} = P\{X(t_n) = X_n | X(t_{n-1}) = X_{n-1}, \dots\} \dots\dots(13)$$

Untuk seluruh harga $X(t_0), X(t_1), \dots, X(t_n)$

Probabilitas $P_{X_{n-1}, X_n} = P\{X(t_n) = X_n | X(t_{n-1}) = X_{n-1}\}$ atau $P_{ij} = P\{X(t_n) = j / X(t_{n-1}) = i\}$ disebut sebagai probabilitas transisi yang menyatakan probabilitas bersyarat (*conditonal probability*) dari sistem pada kondisi (j) pada saat t_n jika diketahui bahwa sistem ini tetap sepanjang waktu. Dengan kata lain peluang kejadian j terjadi jika diketahui kejadian i terjadi.

Jika proses markov dengan n -kejadian probabilitas transisi dari kondisi i pada X_{n-1} ke kondisi j pada X_n dan asumsikan probabilitas ini tetap sepanjang waktu, maka transisi tersebut akan lebih mudah disusun dalam bentuk matrik. Sebuah matrik transisi P berukuran ukuran $N \times N$, dengan $N = n^m$ dimana n merupakan jumlah kelas dan m adalah ketergantungan Chain Markov dalam m selang waktu.

Bentuk matrik P adalah sebagai berikut :

$$P = \begin{pmatrix} p_{00} & p_{01} & p_{02} & p_{03} & \dots \\ p_{10} & p_{11} & p_{12} & p_{13} & \dots \\ p_{20} & p_{21} & p_{22} & p_{23} & \dots \\ p_{30} & p_{31} & p_{32} & p_{33} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix} \text{ atau Tabel 2.1}$$

Kedua matrik P diatas disebut matrik transisi homogen atau matriks stokhastik karena semua transisi probabilitas P_{ij} adalah tetap dan independen terhadap waktu. Probabilitas P_{ij} harus memenuhi kondisi :

$$\sum_j P_{ij} = 1 \text{ untuk seluruh nilai } i ;$$

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

Tabel 2.1. Matrik Transisi Orde Satu

Kondisi Debit Waktu t_{n-1}	Kondisi Debit Waktu t_n				
	0	1	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}

Kondisi Debit Waktu t_{n-1}	Kondisi Debit Waktu t_n				
	0	1	2	...	N
...	...	...	...	...	...
N	P_{N0}	P_{N1}	P_{N2}	...	P_{NN}

2.8.Sistem Pengelolaan Waduk

Debit air sungai yang masuk waduk, kapasitas tampung dan batasan aspek operasional waduk sangat mempengaruhi ketersediaan air dalam waduk. Prinsip pengoperasian waduk adalah penerapan teori **keseimbangan massa** (*mass balance*). Teori yang disebut juga sebagai *Hydrolic Budget* ini menyatakan bahwa simpanan air di dalam bangunan waduk untuk awal bulan $t+1$ sama dengan simpanan air untuk awal bulan t , yang ditambah dengan masukan air dari sungai selama bulan ke- t , dan dikurangi dengan output waduk dan evaporasi selama bulan ke- t (Marselina 2017).

Persamaan keseimbangan massa air dalam sebuah waduk secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$S_{(t+1)} = S_{(t)} + Q_{(t)} - T_{(t)} - E_{(t)} \dots\dots\dots(14)$$

Dimana :

$S_{(t+1)}$ = Storage waduk pada saat awal bulan ke- $(t+1)$

$S_{(t)}$ = Storage waduk pada saat awal bulan ke- t

$Q_{(t)}$ = Debit input selama bulan ke- t

$T_{(t)}$ = Debit turbin yang harus dikeluarkan selama bulan ke- t

$E_{(t)}$ = Evaporasi potensial yang terjadi selama bulan ke- t , merupakan fungsi indeks evaporasi dan luas genangan

Terdapat tiga variabel utama yang menyusun persamaan keseimbangan massa diatas yaitu :

1. *Variabel acak*, adalah variabel yang kejadian dan besarnya tidak menentu dalam proses waktu yaitu variabel Q (variabel acak independent) dan E (variabel acak yang relatif dependent terhadap iklim dan luas genangan).
2. Variabel T sebagai *variabel yang dikomandokan*, adalah variabel yang diatur besarnya untuk memperoleh besaran variabel yang ditentukan.
3. Variabel S sebagai *variabel yang ditentukan*, adalah variabel yang diinginkan besarnya.

BAB 3 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui keandalan sungai Cimanuk dalam memenuhi kebutuhan air baku minum *domestic* untuk daerah Kabupaten Cirebon dan Indramayu sebesar 3.500 l/det.
2. Mengetahui debit rencana waduk Jatigede untuk memenuhi kebutuhan air baku minum *domestic* untuk daerah Kabupaten Cirebon dan Indramayu sebesar 3.500 l/det
3. Mengetahui nilai korelasi antara debit *inflow* historis dengan debit *inflow* prakiraan, dengan model prakiraan debit yang pertama menggunakan model korelasi spasial hujan-debit kemudian model yang kedua menggunakan model diskrit Chain Markov untuk memilih metode prakiraan debit terbaik.
4. Mengetahui hasil simulasi optimasi pola pengoperasian waduk Jatigede menggunakan model prakiraan debit terpilih.

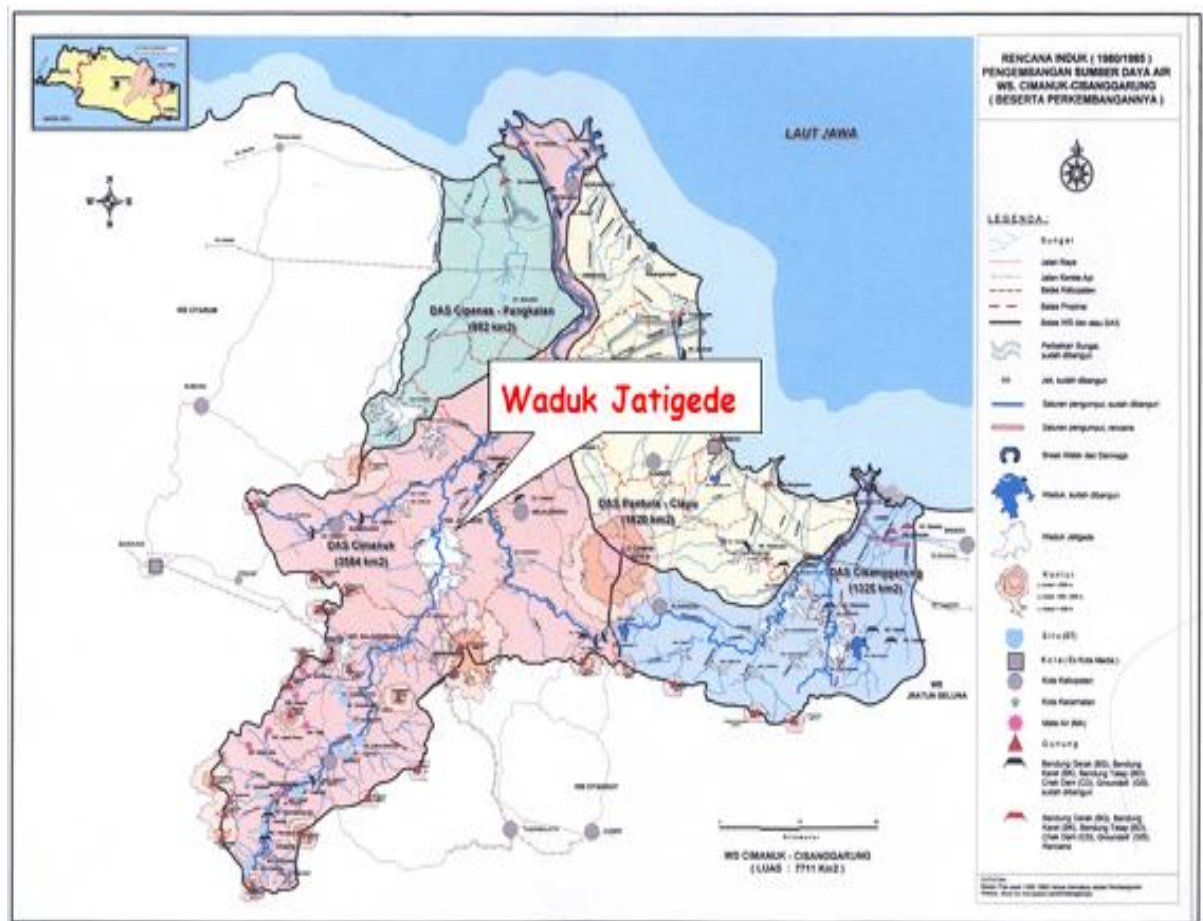
3.2. Manfaat Penelitian

Hasil dari pelaksanaan penelitian ini dapat bermanfaat untuk mendapatkan pola pengoperasian (unjuk kerja) waduk Jatigede yang paling optimal dan adaptif terhadap ketidakpastian debit *inflow* kemudian hasilnya dapat diaplikasikan untuk pola pengoperasian waduk Jatigede dan waduk lain yang memiliki karakteristik yang sama sehingga dapat menjamin ketersediaan air untuk memenuhi kebutuhan air di *downstream* dan meminimalisir air yang terbuang melalui *spillway*.

BAB 4 METODE PENELITIAN

4.1. Objek dan Data Penelitian

Sebagai objek penelitian yaitu waduk Jatigede yang terletak di DAS Cimanuk Kampung Jatigede Kulon, Desa Cijeungjing, Kecamatan Jatigede, Kabupaten Sumedang, Provinsi Jawa Barat. Peta lokasi waduk Jatigede dapat dilihat pada **Gambar 4.1** dibawah ini.



Sumber : Vol. I Laporan Ringkasan Eksekutif Proyek Pembangunan Waduk Jatigede, 2014

Gambar 4.1 Peta lokasi waduk Jatigede

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 dengan seri data hujan dan data

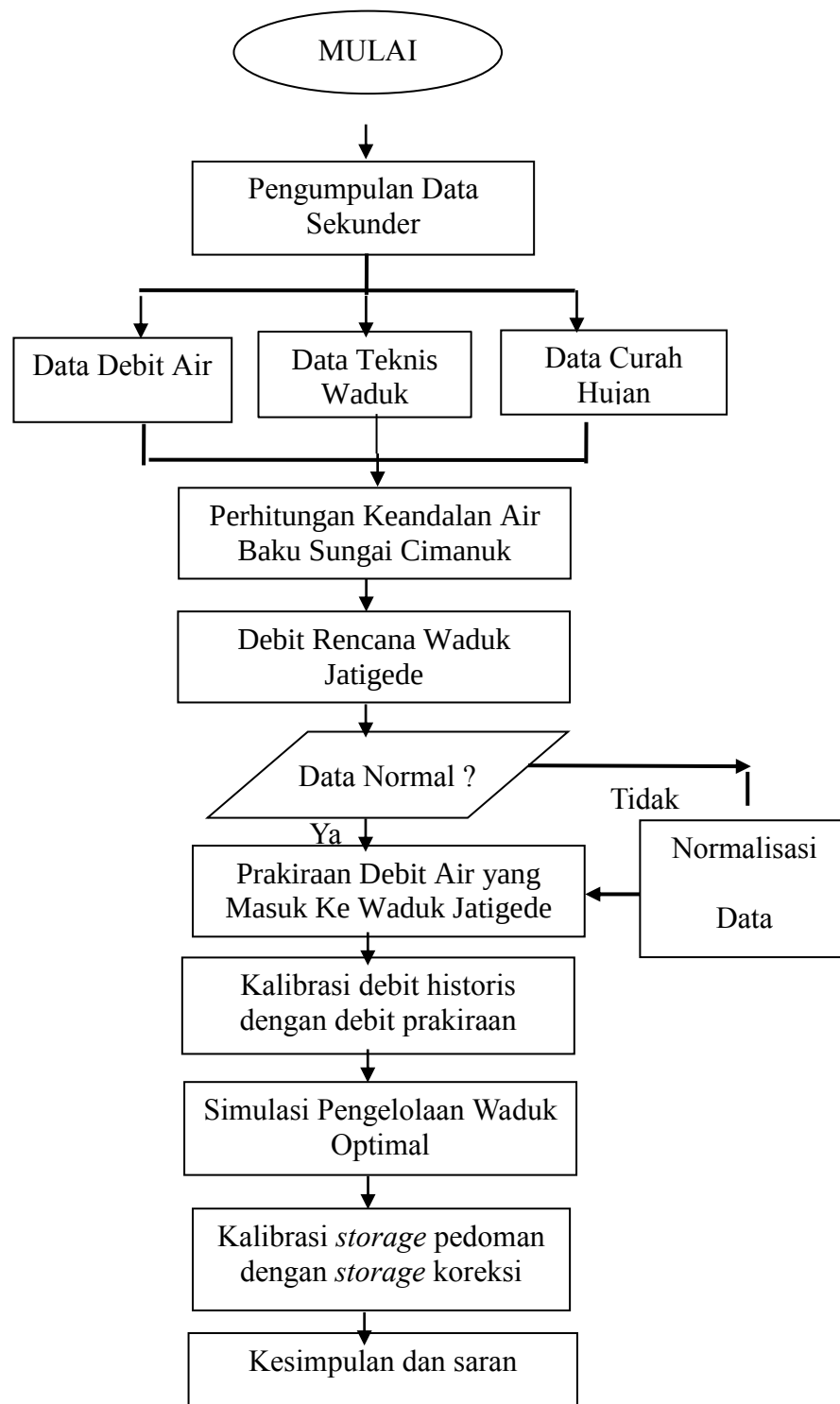
debit harian dalam kurun waktu minimal diatas 10 tahun, data teknis waduk Jatigede. Data diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Cimanuk-Cisanggarung (BBWSC-2), Pusat Litbang Sumber Daya Air (PUSAIR) Bandung., Balai Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Cimanuk-Cisanggarung. Kemudian data curah hujan dan data debit yang diperoleh dibuat model prakiraan debit yang masuk ke Waduk Jatigede menggunakan Model Regresi-Korelasi Linier Ganda dan Diskrit Chain Markov.

4.2.Rancangan Penelitian

- a) Penelitian dilakukan pada lokasi waduk Jatigede yang terletak di DAS Cimanuk Kecamatan Jatigede, Kabupaten Sumedang, Provinsi Jawa Barat;
- b) Pengumpulan data sekunder yaitu data teknis waduk, data curah hujan dan debit yang diambil dari beberapa pos pencatatan di DAS Cimanuk dengan seri data hujan dan data debit harian dalam kurun waktu minimal diatas 10 tahun. Data diperoleh dari 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.
- c) Melakukan perhitungan keandalan air baku sungai Cimanuk
- d) Melakukan perhitungan debit rencana Waduk Jatigede
- e) Melakukan Uji Normalitas data
- f) Melakukan prakiraan debit yang masuk ke waduk Jatigede yang menggunakan model regresi korelasi linier ganda dengan perangkat lunak SPSS. Dalam melakukan pemodelan menggunakan regresi korelasi linier ganda terdapat variable terikat (*dependent*) dan variable bebas (*independent*). Variabel terikat dalam penelitian ini adalah debit air yang akan datang (Q_{t+1}), sedangkan yang menjadi variabel bebas dalam penelitian ini adalah curah hujan pada saat ini (P_t) dan debit air pada saat ini (Q_t) diekspresikan **persamaan 12**.
- g) Melakukan prakiraan debit air yang masuk ke waduk Jatigede menggunakan model Diskrit Chain Markov
- h) Kalibrasi debit hasil prakiraan dengan menghitung koefisien korelasi debit hasil prakiraan dengan debit *historical*, model akan semakin mendekati kenyataannya jika nilai koefisien korelasi dan koefisien determinasi mendekati 1.
- i) Simulasi pengoperasian waduk optimal menggunakan prinsip kesetimbangan massa ditunjukkan oleh **persamaan 14**.

- j) Kalibrasi storage simulasi dengan menghitung koefisien korelasi *storage* hasil simulasi (St Pedoman) dengan *storage historical* (St Koreksi)

Untuk diagram alir tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut ini.



Gambar 4.2 Diagram Alir Tahapan Penelitian

4.3. Teknik Analisis Data

Teknik analisis yang digunakan adalah dengan analisis inferensial yaitu dalam pengambilan keputusan data sekunder yang diperoleh dianalisis menggunakan metode-metode statistik parametrik.

Sebelum dilakukan pemodelan debit prakiraan terlebih dahulu dihitung debit andalan sungai Cimanuk. Debit andalan adalah debit eksisting yang dimiliki suatu DAS. Perhitungan debit andalan waduk Jatigede dalam penelitian ini dihitung dengan menggunakan metode Weibull..sebelum masuk ke perhitungan debit andalan terlebih dahulu kita akan melihat rezim hidrologi DAS Cimanuk yaitu dengan mencari nilai debit paling minimum durasi 30 hari kemudian dibuat pergerakan rata-rata (*Moving Average*) untuk melihat trend debit andalan sungai Cimanuk. Data debit minimum tersebut kemudian disusun dari besar kekecil untuk kemudian diranking dan dicari nilai probabilitasnya. Debit andalan untuk air baku minum yang dialokasikan menurut kriteria desain waduk adalah debit ekstrim suksesif kering (minimum) periode ulang 10 tahun yang analog dengan debit andalan Probabilitas 90%.

Setelah dihitung debit andalan selanjutnya dilakukan perhitungan debit rencana waduk Jatigede dengan menggunakan metode Weibull menggunakan data debit bulanan stasiun Leuwigoong. Data debit diranking dari besar ke kecil kemudian dicari nilai probabilitas 90%.

Setelah itu kemudian dilakukan prakiraan debit air yang masuk ke Waduk Jatigede, model pertama menggunakan model prakiraan regresi dan korelasi linier ganda, model kedua menggunakan Chain Markov. Model prakiraan regresi dan korelasi linier ganda dilakukan untuk mengetahui adanya hubungan antara debit air yang akan datang (Q_{t+1}) yang selanjutnya disebut sebagai variabel terikat (*dependent*) dengan curah hujan pada saat ini (P_t) yang dan debit air pada saat ini (Q_t) yang selanjutnya disebut sebagai variabel bebas (*independent*) .Untuk mengetahui hal tersebut maka dilakukan analisis korelasi regresi linier ganda hujan dengan debit model kuarternner. Dari hasil analisis ini dapat dilihat kemampuan semua variabel bebas dalam menjelaskan varians dari variabel terikatnya. Secara sederhana disebut dengan koefisien determinasi yang dihitung dengan mengkuadratkan koefisien korelasi. Selain itu hasil analisis ini juga dapat melihat hubungan linear dan arah hubungan dua variabel acak hal ini dapat terlihat dari nilai koefisien korelasi. Jika koefesien korelasi diketemukan tidak sama dengan nol (0), maka terdapat ketergantungan antara dua variabel tersebut. Jika koefesien korelasi positif, maka kedua variabel mempunyai hubungan searah.

Artinya jika nilai variabel bebas tinggi, maka nilai variabel terikat akan tinggi pula. Sebaliknya, jika koefisien korelasi negatif, maka kedua variabel mempunyai hubungan terbalik. Artinya jika nilai variabel bebas tinggi, maka nilai variabel terikat akan menjadi rendah (dan sebaliknya).

Untuk memudahkan melakukan interpretasi mengenai kekuatan hubungan antara dua variabel dapat dilihat pada kriteria sebagai berikut:

- 0 : Tidak ada korelasi antara dua variabel
- $>0 - 0,25$: Korelasi sangat lemah
- $>0,25 - 0,5$: Korelasi cukup
- $>0,5 - 0,75$: Korelasi kuat
- $>0,75 - 0,99$: Korelasi sangat kuat
- 1: Korelasi sempurna

Setelah diperoleh debit hasil prakiraan menggunakan model regresi dan korelasi linier ganda selanjutnya adalah melakukan prakiraan debit model Chain Markov. Pada model prakiraan debit Chain Markov, debit historik dibagi kedalam tiga kelas yaitu kelas basah, normal dan kering. Hal ini dilakukan dengan membagi secara homogen series data debit yang diperoleh menjadi tiga bagian yang sama yang sebelumnya diurutkan terlebih dahulu data debit dari nilai terbesar ke nilai terkecil. Setelah itu dilakukan perhitungan probabilitas debit yang akan terjadi untuk setiap bulan, nilai debit yang memiliki probabilitas paling tinggi adalah nilai debit yang memiliki kemungkinan terbesar muncul dibulan yang akan datang.

Setelah diperoleh debit prakiraan model korelasi spasial dan Chain Markov, langkah selanjutnya adalah pemilihan model terbaik dengan melakukan analisis korelasi debit prakiraan dengan debit *historical*. Jika koefisien korelasi dan determinasi nilainya mendekati angka 1 maka debit hasil prakiraan akan semakin mendekati nilai kenyataan yang terjadi (historik).

Setelah terpilih model prakiraan debit yang paling baik, selanjutnya adalah dilakukan simulasi pengelolaan waduk optimal dengan menggunakan prinsip kesetimbangan massa. Dalam pengelolaan ini memperhatikan tiga hal :

- Objektif : alokasi air
- Lingkungan ekonomi waduk
- Konstrain :
 - $S_{t+1} = S_t + Q_{in} - Q_{out} - E - Q_{\text{air baku}}$
 - Batasan *stoke* (tampungan waduk) : $S_{\min} < S < S_{\max}$
 - Kapasitas PLTA : terpasang
 - batasan turbin : $Q_{\min} < Q_T < Q_{\max}$
 - Q air baku regional
 - Q air irigasi , Air baku minum eksisting & industri
 - Harga air PLTA : Rp ? /KWh

Selanjutnya dilakukan analisis korelasi antara *stoke* hasil simulasi dengan *stoke* historik dengan mencari koefisien korelasi dan determinasi, jika nilainya mendekati angka 1 maka *stoke* hasil prakiraan akan semakin mendekati stok kenyataan yang terjadi (historik). Jika stok hasil simulasi mendekati *stoke* historiknya maka keandalan waduk pada musim kemarau akan terjamin dan tidak ada air yang terbuang melalui *spillway* dengan kata lain pengelolaan waduk optimal akan tercapai.

BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Pengumpulan Data

5.1.1. Data Debit dan Curah Hujan

Data diambil dari 9 (sembilan) pos pencatatan data debit dan 7 (tujuh) pos pencatatan data hujan di DAS Cimanuk-Cisanggarung, data yang digunakan terdapat pada lampiran 1. Data diambil dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Cimanuk-Cisannggarung, Pusat Litbang Sumber Daya Air Bandung (PUSAIR) dan Balai PSDA Wilayah Sungai Cimanuk-Cisanggarung. Untuk lebih jelasnya akumulasi ketersediaan data pos pencatatan debit dan hujan dapat dilihat Tabel 5.1 dan Tabel 5.2.

Tabel 5.1Pos Pencatatan Debit

Kode	Nama Stasiun	Lokasi		Data Yang Tersedia (Tahun)
		Bujur Timur	Lintang Selatan	
1	Leuwigoong	- 107°58	070°60	2001-2015
2	Bojongloa	- 107°55	- 007°15	2001-2015
3	Leuwidaun	- 107°53	- 071°23	2005-2015
4	Bayongbong	- 107°49	- 072°00	2007-2015
5	Cibatu	- 107°58	- 070°20	2007-2015
6	Cibodas	- 107°51	- 715°00	2007-2015
7	Cilaling	- 108°04	- 065°73	2007-2015
8	Pogor	- 107°51	- 071°30	2007-2015
9	Wado	- 108°05	- 006°57	1975-2013

Tabel 5.2Pos Pencatatan Hujan

Kode	Nama Stasiun	Lokasi		Data Yang Tersedia (Tahun)
		Bujur Timur	Lintang Selatan	
1	Pamegatan	107 50' 1.5"	7 23' 40.8"	2002-2015

Kode	Nama Stasiun	Lokasi		Data Yang Tersedia (Tahun)
		Bujur Timur	Lintang Selatan	
2	Pangauban	107 46' 19.3"	7 16' 51.5"	1987-2015
3	Kepakan	107 52' 37"	7 12' 33"	2008-2015
4	Tarogong	107 52,626'	07 11,94'	1996-2015
5	Leuwi Goong	107 57,725'	07 06,218'	2003-2015
6	Darmaraja	108 4' 49"	6 54' 57"	2000-2013
7	Pamulihan	108 50' 0.84"	6 52' 11.94"	2003-2015

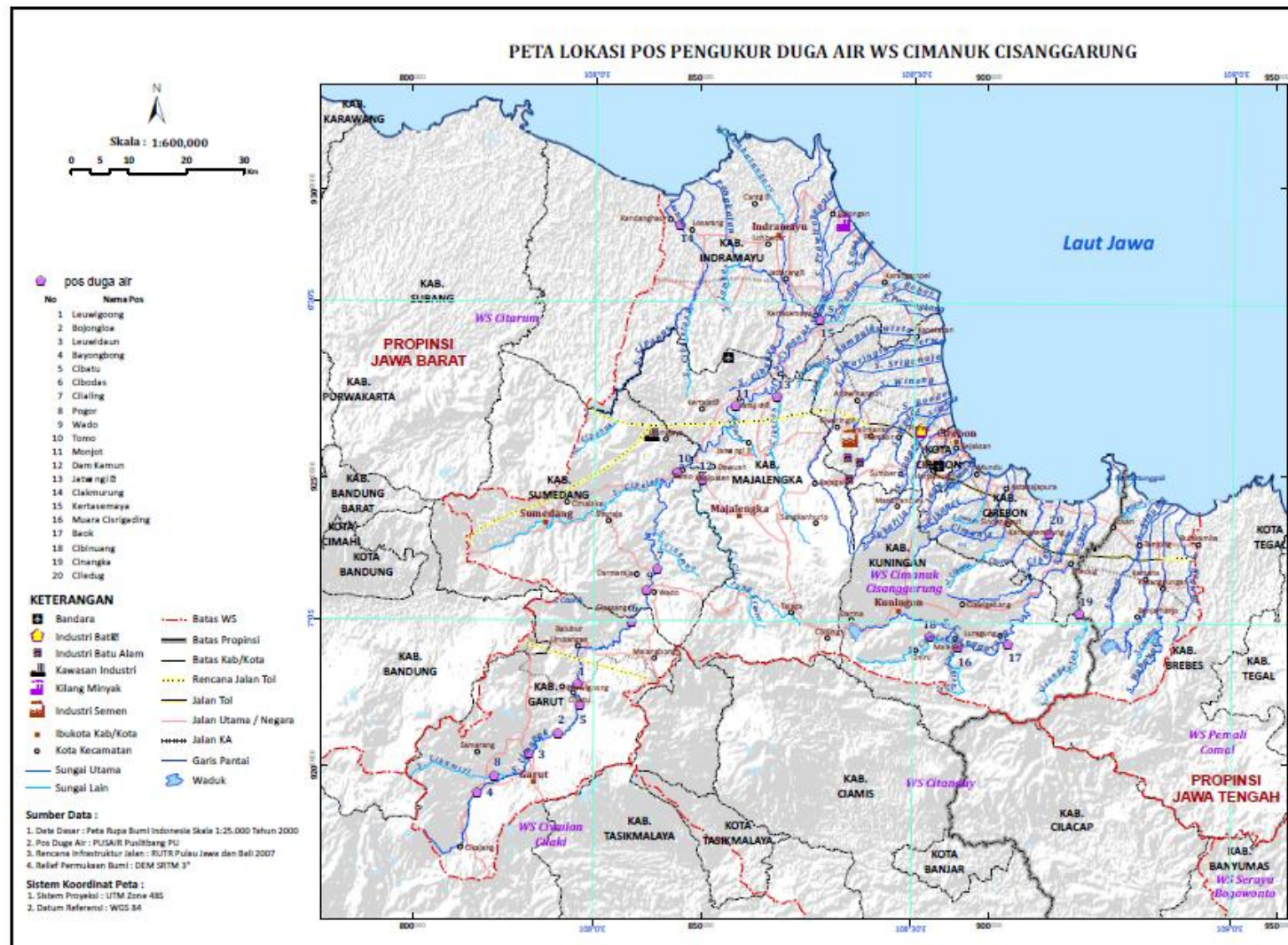
Keterangan :  = Data yang digunakan

Untuk peta pos duga air dan pos penakar hujan dapat dilihat pada gambar 5.1 dan 5.2. Kode nama stasiun pos duga air dan pos penakar curah hujan pada tabel diatas sesuai dengan kode yang ada di peta. Untuk ketersediaan data pada tabel diatas semuanya hanya tersedia hingga tahun 2015, hal ini dikeranakan data untuk tahun 2016 dan 2017 masih dalam proses pengajuan sehingga belum bisa dipublikasikan (PUSAIR, 2018).

Pada data debit terdapat data debit tambahan dari pos duga air bendung eretan dengan *time series* data dari tahun 1985-2007. *Time series* data pada pos duga air bendung eretan ini memang cukup panjang, namun data terbaru tidak tersedia sehingga tidak digunakan dalam penelitian ini.

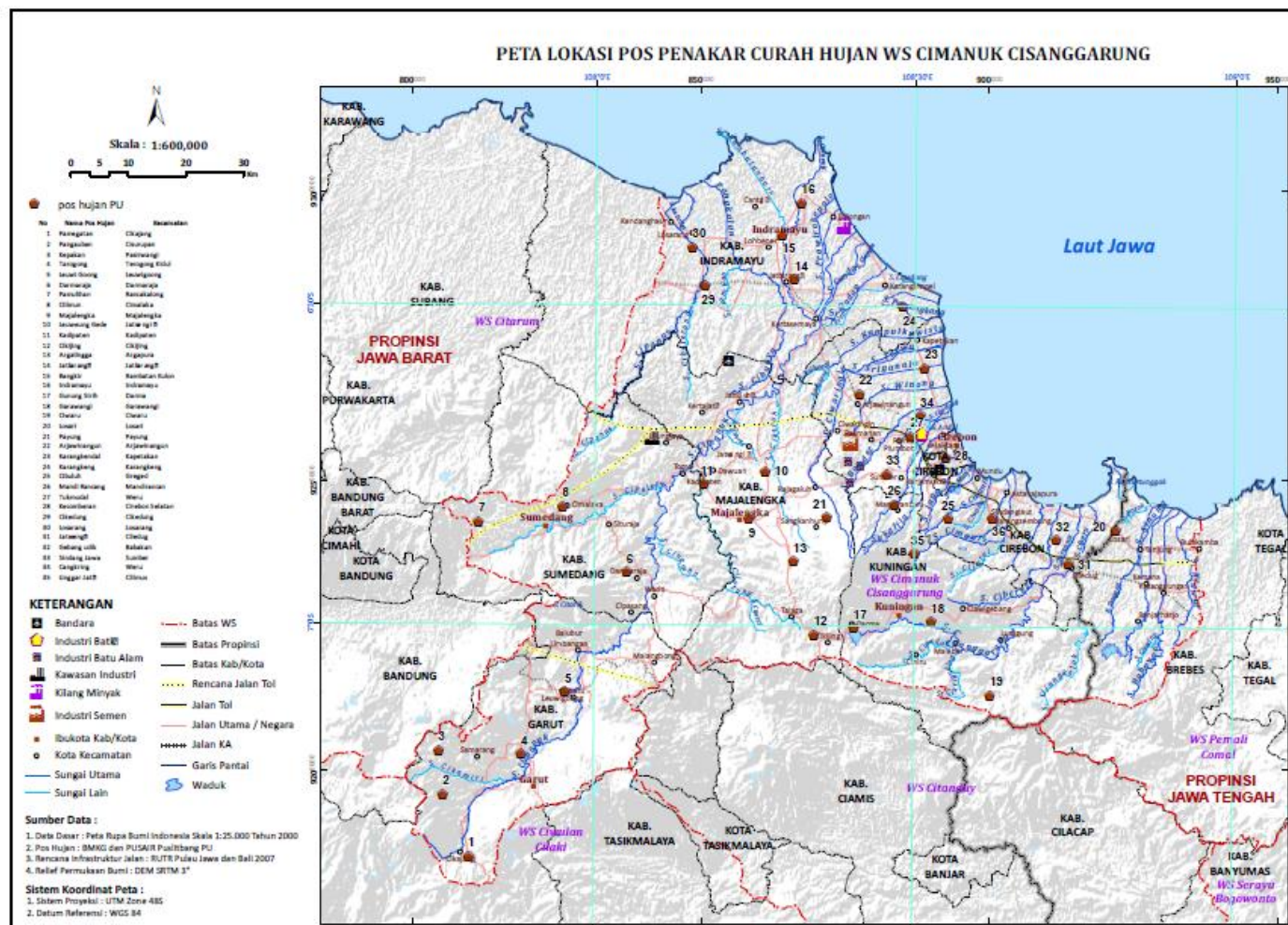
Pada tabel 5.1 dapat terlihat bahwa data yang digunakan hanya data debit Leuwigoong, Bojongloa dan Leuwidaun. Hal ini dikarenakan ketersediaan *time series* data yang lebih panjang dibandingkan stasiun pos duga air yang lain, Panjang data minimal dalam prakiraan debit *inflow* adalah lebih dari 10 tahun dalam penelitian ini terdapat panjang data 11 tahun. Selain itu posisi ketiga pos duga air juga relatif memiliki jarak yang lebih dekat dengan Waduk Jatigede (lihat peta pos duga air).

Untuk data curah hujan dalam hal ini tidak digunakan dikarenakan simulasi model korelasi spasial hujan dan debit untuk memprakirakan debit *inflow* waduk jatigede yang paling efektif adalah menggunakan tiga stasiun debit dengan model kwerterner. Data curah hujan digunakan apabila data debit untuk model kwerterner tidak tersedia.



Gambar 5.1 Peta Pos Pengukur Duga Air

Sumber : Balai PSDA Wilayah Sungai Cimanuk-Cisanggarung



Gambar 5.2 Peta Pos Penakar Curah Hujan

Sumber : Balai PSDA Wilayah Sungai Cimanuk-Cisanggarung

5.1.2. Data Teknis Waduk

Berikut ini adalah data teknis Waduk Jatigede yang diperoleh dari laporan ringkasan eksekutif periode tahun 2014 :

A. Hidrologi	Luas <i>Catchment Area</i>	: 1.462 km ²
	Volume <i>run-off</i> tahunan	: 2,5 x 10 ⁹ m ³
B. Waduk	Muka Air (MA) banjir <i>max</i>	: El. + 262 m
	MA Operasi <i>max</i> .	: El. + 260 m
	MA Operasi min.	: El. + 230 m
	Luas permukaan waduk (El. + 262)	: 41,22 km ²
	Volume <i>gross</i> (El. +260)	: 979,5 x 10 ⁶ m ³
	Volume Efektif (antara El. +230 dan El. +260)	: 796 x 10 ⁶ m ³
	Volume Tampungan Mati (El. +221):	99 x 106 m ³
C. Bendungan Tipe		: Urugan Batu, inti tegak
	Elevasi <i>crest</i> bendungan	: El. + 265 m
	Panjang bendungan	: 1.715 m
	Lebar <i>crest</i> bendungan	: 12 m
	Tinggi bendungan <i>max</i>	: 114 m
	Volume timbunan total	: 6,3 x 10 ⁶ m ³
D. <i>Spillway</i> Lokasi tebing kanan		: di tubuh bendungan bagian
	Tipe	: Pelimpah Berpintu dengan Saluran Peluncur
	Elevasi mercu (<i>Crest</i>)	: Lebar 52 m, El. + 247 m
	Ukuran pintu-pintu radial	: 4 bh (W=13,00 m x H=14,50 m)
	Q_{inflow} (PMF)	: 11.000 m ³ /det
	$Q_{outflow}$	: 4.442 m ³ /det
E. <i>Outlet</i> Irigasi dalam tubuh Pelimpah	Lokasi	: Tertanam di
	Apron Pemasukan Air Irigasi	: El. + 221 m
	Tipe	: Konduit Beton Bertulang
	Dimensi konduit	: L=166 m; <i>inlet</i> (B = 3,9 m x H = 4,1 m), <i>outlet</i> (B = 3,4 m x H = 4,5 m)
	Pintu Operasi	: tipe radial (ukuran, B = 2,8 m x H = 2,8 m)
F. Terowongan <i>Spillway</i> Pengelak		Lokasi : Dibawah
	<i>Inlet</i> level	: El. + 164,00 m
	Tipe	: Lingkaran, beton bertulang
	Debit rencana (Q_{100})	: 3,200 m ³ /det
	Dimensi terowongan	: D = 10 m; L = 565 m

	Tipe Pintu	: Pintu Baja 2 unit (B = 4,5 m x H = 10 m)
G. PLTA	Lokasi	: Sisi kanan timbunan bendungan
	<i>Power inlet apron</i>	: El. + 221 M
	<i>Headrace canal tunnel</i>	: D = 4,5 m; L = 3.095 m
	<i>Design head</i>	: 170 m
	Tipe turbin	: Francis
	Kapasitas terpasang	: 2 x 55 MW = 110 MW
	Produksi rata-rata	: 580,12 GWh/tahun
	Debit PLTA	: 61,84 m ³ /s

5.2. Debit Andalan

Debit andalan adalah debit eksisting yang dimiliki suatu DAS. Perhitungan debit andalan waduk Jatigede dalam penelitian ini dihitung dengan menggunakan probabilitas Weibull dari data debit historik Leuwigoong, hal ini karena data yang dimiliki pos pengukur duga air Leuwigoong memiliki *time series* data yang cukup panjang dan posisinya relatif lebih dekat dengan waduk Jatigede.

Data debit yang digunakan dalam perhitungan keandalan DAS Cimanuk adalah debit minimum durasi 30 hari, data tersebut kemudian disusun dari besar kekecil untuk kemudian dihitung probabilitasnya lihat Tabel 5.3. Debit andalan untuk air baku minum yang dialokasikan menurut kriteria desain waduk adalah debit ekstrim suksesif kering (minimum) periode ulang 10 tahun yang analog dengan debit andalan Probabilitas 90% dan periode ulang 20 tahun yang analog dengan debit andalan probabilitas 95%.

Laju kebutuhan air baku minum *domestic* untuk daerah Kabupaten Cirebon dan Indramayu sebesar 3.5 m³/s, sedangkan air yang tersedia di sungai Cimanuk aliran rendahnya (*baseflow*) pada probabilitas 90% durasi 30 hari memiliki nilai debit 2,05 m³/s sehingga tidak dapat memenuhi kebutuhan air di hilir (*downstream*). Oleh karena itu diperlukan bendungan yang mampu menampung air dari suatu DAS, untuk selanjutnya digunakan dalam rangka pemenuhan kebutuhan air baku.

Tabel 5.3 Debit Andalan DAS Cimanuk-Pos Leuwigoong (2005-2015)

Q Jan (m ³ /s)	Q Feb (m ³ /s)	Q Mar (m ³ /s)	Q Apr (m ³ /s)	Q Mei (m ³ /s)	Q Jun (m ³ /s)	Q Jul (m ³ /s)	Q Agust (m ³ /s)	Q Sep (m ³ /s)	Q Okt (m ³ /s)	Q Nop (m ³ /s)	Q Des (m ³ /s)	Probabilitas	Q Rerata (m ³ /s)
106,10	88,04	73,63	106,10	75,87	66,21	76,71	59,91	75,87	96,86	106,10	126,12	0,05	88,13
75,80	62,90	52,60	75,80	54,20	47,30	54,80	42,80	54,20	69,20	75,80	90,10	0,08	62,96
75,00	59,78	52,48	71,47	52,22	46,58	52,10	41,42	46,25	66,42	73,84	85,27	0,10	55,61
71,80	47,30	52,00	54,20	44,30	43,70	41,30	35,90	14,50	55,30	66,00	66,00	0,17	49,36
43,70	28,90	47,80	32,50	19,40	11,90	15,80	11,20	10,90	20,00	26,00	30,90	0,25	24,92
19,30	22,20	21,60	20,30	17,40	11,60	13,70	10,40	9,91	10,80	22,30	20,00	0,33	16,63
16,00	17,60	16,30	20,00	8,47	10,60	7,66	6,78	6,77	8,60	19,10	17,80	0,42	12,97
15,20	15,00	13,90	13,20	5,35	8,99	7,51	6,34	5,42	6,83	10,70	15,20	0,50	10,30
12,20	13,50	10,30	10,10	5,29	5,27	6,62	5,93	5,06	5,93	9,20	11,20	0,58	8,38
9,20	12,50	8,64	8,65	4,94	4,58	3,79	4,00	3,12	5,79	7,07	10,50	0,67	6,90
5,67	7,98	7,36	8,47	4,41	3,78	1,95	2,25	2,16	3,39	6,62	8,30	0,75	5,20
2,58	2,85	2,87	2,88	2,71	2,00	1,33	0,75	1,02	0,78	1,68	3,10	0,90	2,05
5,21	6,95	6,00	6,47	4,10	2,92	1,61	2,05	2,09	2,60	3,89	5,97	0,80	3,90
4,90	6,26	5,10	5,14	3,90	2,34	1,39	1,92	2,05	2,08	2,08	4,41	0,83	3,46
2,00	2,00	2,32	2,32	2,41	1,92	1,31	0,46	0,76	0,46	1,58	2,78	0,92	1,69

5.3. Debit Andalan

Untuk mengetahui waduk Jatigede dapat memenuhi laju kebutuhan air minum Kabupaten Cirebon dan Indramayu maka dibuat perhitungan debit rencana waduk Jatigede dengan menggunakan debit bulanan Leuwigoong menggunakan metode Weibull. Hasil perhitungan bisa dilihat pada Tabel 5.4. Dari Tabel 5.4 dapat dilihat nilai debit probabilitas 90% sebesar 5,67 dapat memenuhi laju kebutuhan air minum Kabupaten Cirebon dan Indramayu sebesar $3.5 \text{ m}^3/\text{s}$. Probabilitas 90% analog dengan debit rencana Periode Ulang (PU) 10 Tahun kering. Artinya dalam kurun waktu 1 tahun ada kemungkinan terjadi 1/10 kali terjadi debit yang besarnya sama atau kurang dari 5,67 m^3/detik , sehingga ada kemungkinan sekitar 1/10 kali dalam setahun fungsi utilitas waduk untuk memenuhi kebutuhan air baku terganggu.

Waduk Jatigede memiliki fungsi utilitas untuk memenuhi kebutuhan air baku minum Kabupaten Cirebon dan Indramayu $3.5 \text{ m}^3/\text{s}$, Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) sebesar 61,84 m^3/s dan untuk irigasi. Jika dilihat dari perhitungan debit rencana probabilitas 90% hanya mencukupi untuk debit air baku minum. Sedangkan untuk PLTA terpenuhi oleh debit rencana dengan probabilitas 20%. Artinya dari 100 % fungsi utilitas PLTA hanya terlayani 20% . Hal ini terjadi karena penentuan intake untuk debit yang masuk ke waduk Jatigede dari stasiun Leuwigoong yang mana jarak antara stasiun Leuwigoong dengan Waduk Jatigede cukup jauh yaitu sekitar 60km sehingga kurang mewakili debit masukan Waduk Jatigede. Penentuan debit masukan waduk Jatigede menggunakan debit dari stasiun Leuwigoong karena keterbatasan data dimana data dengan debit lebih dari 10 tahun dan tidak ada kekosongan data adalah debit stasiun Leuwigoong.

Tabel 5.4 Debit Rencana DAS Cimanuk-Pos Leuwigoong (2005-2015)

QJan	QFeb	QMar	QApr	QMei	QJun	QJul	QAgust	QSep	QOkt	QNop	QDes	QRerata	Probabilitas
m3/s													
126,57	120,35	128,44	127,32	95,09	104,68	117,85	82,05	68,17	126,29	142,26	141,89	115,08	8,33%
90,09	84,43	93,12	93,13	69,73	55,07	48,76	49,46	67,66	88,10	92,43	100,55	77,71	16,67%
89,41	82,64	86,77	82,95	53,32	41,10	38,03	37,53	49,84	65,97	73,29	80,45	65,11	20,00%
88,40	79,95	77,24	67,66	28,68	20,13	21,92	19,61	23,09	32,74	44,54	50,28	46,19	25,00%
26,68	30,17	28,03	30,09	25,59	18,98	20,46	17,24	17,42	25,31	35,79	32,26	25,67	33,33%
26,48	28,68	24,20	28,61	14,95	17,65	15,10	16,45	12,25	22,04	25,02	25,66	21,42	41,67%
24,01	24,69	23,69	28,52	14,41	17,60	12,56	10,21	11,24	18,78	18,69	24,35	19,06	50,00%
23,71	22,91	23,62	20,01	14,22	10,66	11,15	10,05	10,69	16,73	17,77	21,64	16,93	58,33%
19,63	20,71	17,27	15,51	14,17	10,57	10,65	8,98	10,58	13,32	17,77	20,33	14,96	66,67%
14,52	19,12	15,08	12,99	13,59	10,34	6,12	8,42	6,73	8,33	17,38	17,28	12,49	75,00%
13,36	15,28	14,58	12,69	12,01	10,21	5,39	5,56	5,68	5,60	10,64	12,25	10,27	80,00%
12,58	12,73	14,25	12,49	10,96	10,12	4,91	3,66	4,98	3,79	6,15	8,90	8,79	83,33%
5,42	4,91	5,79	10,11	7,51	5,59	3,93	3,56	3,62	3,53	6,04	8,06	5,67	90,00%
4,44	3,84	4,64	9,79	7,04	4,97	3,80	3,55	3,44	3,49	6,03	7,95	5,25	91,67%

5.4. Uji Normalitas

Sebelum melakukan analisis korelasi spasial debit menggunakan korelasi linier berganda terlebih dahulu dilakukan uji asumsi klasik normalitas data hal 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 5.3.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test					
		QLeuwidaun	QBojongloa	Qleuwigoong	Qleuwigoong1
N		120	120	120	120
Normal Parameters ^{a,b}	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)		,005	,000	,000	,000

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Gambar 5.3 Uji Normalitas data debit aktual

Dari gambar dapat dilihat bahwa signifikansi debit Bojongloa dan Leuwigoong bulan ke-t, Leuwigoong 1 debit 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 debit Leuwidaun termasuk kedalam kategori data normal atau tidak normal, tetapi agar konsisten maka 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 debit Leuwigoong (Trans_LWG), Leuwigoong 1 (Trans_LWG1), Bojongloa (Trans_BJG) dan Leuwidaun (Trans_LWD), ditunjukkan pada Tabel 5.5

Tabel 5.5 Data Debit Hasil Tranformasi

Bulan dan Tahun	Trans_LWD	Trans_LWG	Trans_LWG-1	Trans_BJG
Des-05	2,67	3,07	3,17	3,75
Jan-06	2,76	3,17	2,95	2,11
Feb-06	2,79	2,95	2,85	2,24
Mar-06	2,09	2,85	3	1,83
Apr-06	2,66	3	2,65	1,94
Mei-06	2,21	2,65	2,36	1,84
Jun-06	1,37	2,36	1,59	1,44
Jul-06	1,18	1,59	2,19	0,95
Agust-06	0,87	2,19	1,91	0,61
Sep-06	0,71	1,91	2,12	0,55
Okt-06	0,55	2,12	2,86	0,55
Nop-06	1,06	2,86	3,47	0,65
Des-06	3,47	3,47	3,28	1,22
Jan-07	2,36	3,28	3,21	1,16
Feb-07	2,8	3,21	2,71	1,68
Mar-07	3,02	2,71	2,74	1,75
Apr-07	3,21	2,74	2,39	1,78
Mei-07	2,63	2,39	2,31	1,82
Jun-07	2,36	2,31	2,41	1,57
Jul-07	1,55	2,41	2,32	1,16
Agust-07	1,08	2,32	2,42	0,42
Sep-07	0,76	2,42	2,59	0,2
Okt-07	1,1	2,59	2,93	0,04
Nop-07	2,24	2,93	3,01	1,7
Des-07	2,48	3,01	2,53	1,81
Jan-08	1,81	2,53	2,54	1,55
Feb-08	1,87	2,54	2,66	1,49
Mar-08	2,76	2,66	2,56	2
Apr-08	2,53	2,56	2,67	1,92
Mei-08	1,66	2,67	2,94	1,55
Jun-08	1,11	2,94	2,53	1,23
Jul-08	0,91	2,53	2,31	0,56
Agust-08	0,88	2,31	2,37	0,24
Sep-08	0,77	2,37	3,49	-0,2
Okt-08	1,9	3,49	3,8	1,13
Nop-08	2,89	3,8	3,19	1,95
Des-08	2,78	3,19	2,68	1,75

Bulan dan Tahun	Trans_LWD	Trans_LWG	Trans_LWG-1	Trans_BJG
Jan-09	2,9	2,68	3,41	2,12
Feb-09	3,02	3,41	3,16	2,18
Mar-09	2,86	3,16	2,52	1,98
Apr-09	2,8	2,52	2,61	2,07
Mei-09	2,28	2,61	2,37	2,1
Jun-09	2,11	2,37	2,37	1,85
Jul-09	1,91	2,37	2,13	1,75
Agust-09	2,65	2,13	2,36	1,15
Sep-09	3,61	2,36	2,93	-0,39
Okt-09	3,87	2,93	2,88	0,65
Nop-09	2,3	2,88	2,85	1,84
Des-09	3,19	2,85	3,28	1,95
Jan-10	3,69	3,28	3,13	2,26
Feb-10	4	3,13	3,19	3,01
Mar-10	3,85	3,19	3,35	2,96
Apr-10	3,81	3,35	3,36	2,83
Mei-10	3,78	3,36	3	2,29
Jun-10	3,64	3	3,09	1,85
Jul-10	3,5	3,09	2,98	1,84
Agust-10	3,43	2,98	3,14	1,84
Sep-10	3,73	3,14	3,23	1,98
Okt-10	3,55	3,23	3,22	1,97
Nop-10	3,68	3,22	3,24	2,28
Des-10	3,94	3,24	3,18	2,34
Jan-11	3,38	3,18	3,36	2,26
Feb-11	3,48	3,36	3,33	3,01
Mar-11	3,49	3,33	3,35	2,96
Apr-11	3,57	3,35	3,24	2,83
Mei-11	3,53	3,24	2,87	2,29
Jun-11	2,9	2,87	3,02	1,85
Jul-11	2,73	3,02	2,85	1,84
Agust-11	2,45	2,85	2,86	1,84
Sep-11	2,36	2,86	3,09	1,98
Okt-11	2,55	3,09	3,58	1,97
Nop-11	3,17	3,58	3,92	2,28
Des-11	3,18	3,92	4,48	2,34
Jan-12	4,07	4,48	4,38	1,96
Feb-12	3,61	4,38	4,35	2,02
Mar-12	3,51	4,35	4,21	2,13
Apr-12	3,51	4,21	4,24	2,49
Mei-12	3,29	4,24	4,01	2,95

Bulan dan Tahun	Trans_LWD	Trans_LWG	Trans_LWG-1	Trans_BJG
Jun-12	2,5	4,01	3,89	1,9
Jul-12	2,04	3,89	3,9	1,48
Agust-12	2,24	3,9	4,22	1,11
Sep-12	2,15	4,22	4,48	0,63
Okt-12	2,34	4,48	4,53	0,3
Nop-12	3,6	4,53	4,61	1,71
Des-12	4,28	4,61	4,84	1,91
Jan-13	4,38	4,84	4,79	2,29
Feb-13	4,25	4,79	4,86	1,8
Mar-13	4,18	4,86	4,85	1,29
Apr-13	4,31	4,85	4,55	1,28
Mei-13	4,06	4,55	4,65	0,37
Jun-13	3,55	4,65	4,77	0,65
Jul-13	3,1	4,77	4,41	0,69
Agust-13	1,25	4,41	4,21	0,43
Sep-13	2,2	4,21	4,84	1,26
Okt-13	2,19	4,84	4,96	1,96
Nop-13	2,39	4,96	4,96	2,11
Des-13	3,13	4,96	4,5	2,2
Jan-14	2,91	4,5	4,44	1,67
Feb-14	2,88	4,44	4,53	1,84
Mar-14	3,42	4,53	4,53	1,82
Apr-14	3,27	4,53	2,7	2,73
Mei-14	2,87	2,7	2,34	2,09
Jun-14	2,55	2,34	1,81	1,76
Jul-14	2,64	1,81	1,27	1,66
Agust-14	2,23	1,27	1,24	0,38
Sep-14	1,61	1,24	1,25	-0,41
Okt-14	1,73	1,25	1,82	-0,46
Nop-14	2,54	1,82	2,07	0,03
Des-14	3,6	2,07	1,49	1,54
Jan-15	3,16	1,49	1,35	2,23
Feb-15	3,38	1,35	1,53	2,39
Mar-15	3,2	1,53	2,28	3,01
Apr-15	3,26	2,28	1,95	2,88
Mei-15	2,97	1,95	1,6	2,39
Jun-15	2,33	1,6	1,34	2
Jul-15	2,09	1,34	1,3	1,78
Agust-15	1,95	1,3	1,61	1,49
Sep-15	1,84	1,61	1,33	1,06
Okt-15	1,78	1,33	1,8	0,98

Bulan dan Tahun	Trans_LWD	Trans_LWG	Trans_LWG-1	Trans_BJG
Nop-15	2,33	1,8	2,19	1,98

Setelah dilakukan transformasi data kemudian data debit ketiga stasiun debit dilakukan uji normalitas kembali hasil uji normalitas data debit ditunjukkan oleh Gambar 5.4.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test					
		Tranform_ lwdn	Tranform_ LWG	Tranform_ LWG1	Tranform_ BJG
N		120	120	120	120
Normal Parameters ^{a,b}	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)		,743	,187	,210	,009

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Gambar 5.4 Uji Normalitas Transformasi data debit

Dari Gambar 4.4 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.

5.5. Debit Prakiraan

5.5.1. Debit Prakiraan Korelasi Spasial Debit

Model prakiraan debit dilakukan dengan dua model yaitu model korelasi *spasial* hujan-debit, dapat dilakukan dengan melakukan korelasi antara hujan dengan debit atau debit dengan debit dengan beberapa variabel penjelas, dengan 1 variabel penjelas biner, 2 variabel penjelas terner dan 3 variabel penjelas kuarterener kemudian dicari koefisien korelasi paling tinggi, jika koefisien korelasi 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 *dependent* adalah debit bulanan stasiun Leuwigoong dan sebagai variabel *independent* debit Leuwigoong bulan sebelumnya, debit bulanan stasiun leuwidaun bulan sebelumnya dan debit stasiun bulanan bojongloa bulan sebelumnya. Prakiraan debit dilakukan dengan korelasi kuantitatif 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 dengan variabel *dependent* adalah debit bulanan stasiun Leuwigoong dan sebagai variabel *independent* debit Leuwigoong bulan sebelumnya, debit bulanan stasiun Leuwidaun bulan sebelumnya dan debit stasiun bulanan Bojongloa bulan sebelumnya diperoleh hasil koefisien korelasi sebesar 0,937 dan koefisien determinasi sebesar 0,878 . Koefisien korelasi linier ganda menggunakan SPSS dapat dilihat pada Gambar 5.5.

Model Summary^a

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 ^a	,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

Gambar 5.5 Nilai Koefisien Korelasi Model Prakiraan Debit Korelasi Spasial Debit

Dari hasil korelasi linier ganda kita dapat memperoleh persamaan untuk memprakirakan debit *inflow* waduk Jatigede Gambar 5.6.

Coefficients^a

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

Gambar 5.6 Persamaan untuk memprakirakan debit inflow

Dari Gambar 5.6 hasil korelasi linier ganda diperoleh persamaan untuk prakiraan debit *inflow* diekspresikan sebagai berikut :

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

Keterangan :

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 5.6.

Debit prakiraan debit *inflow* waduk Jatigede kemudian dilakukan kalibrasi dengan debit aktual menggunakan SPSS hasil kalibrasi debit dapat dilihat pada gambar 5.7. Dari gambar 5.7 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 5.6 Debit Prakiraan Debit Inflow Waduk Jatigede Model Korelasi Spasial Debit

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agust	Sep	Okt	Nop	Des
2006	16,87	22,32	17,83	17,00	19,35	14,02	11,14	5,64	10,42	8,03	9,82	19,66
2007	32,81	27,63	24,34	14,97	15,34	10,95	10,44	12,06	12,04	13,59	16,27	18,61
2008	19,83	12,93	13,14	13,88	12,74	14,79	19,88	14,49	12,18	13,56	33,93	41,49
2009	23,70	13,96	27,84	22,43	12,05	13,10	10,72	10,85	9,21	13,61	20,86	17,47
2010	16,72	24,32	19,35	20,62	24,38	26,16	19,49	21,28	19,16	21,95	23,97	22,91
2011	23,18	22,12	24,14	23,59	24,40	23,34	17,25	19,94	16,96	16,86	21,02	32,37
2012	44,50	79,12	71,52	68,66	57,67	56,39	51,05	47,79	50,27	72,07	95,85	85,47
2013	90,04	107,45	108,28	122,65	121,57	101,19	108,03	120,77	88,61	66,48	112,20	123,66
2014	122,16	83,59	77,45	84,46	76,27	14,27	10,51	6,40	4,42	4,70	4,77	7,77
2015	8,30	4,42	3,79	4,20	8,73	6,74	5,05	4,04	4,02	5,67	4,38	6,12

Model Summary^b

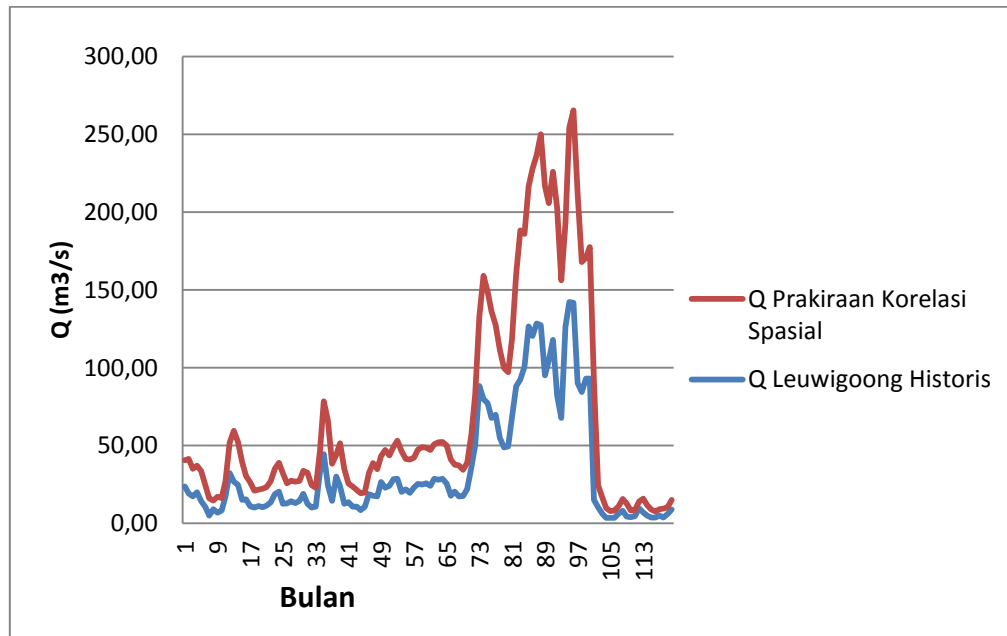
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics					Durbin-Watson
					R Square Change	F Change	df 1	df 2	Sig. F Change	
1	,933 ^a	,870	,869	13,10371	,870	791,119	1	118	,000	1,724

a. Predictors: (Constant), Q_LWG_PRAK

b. Dependent Variable: Q_LWG_AKTUAL

Gambar 5.7 Kalibrasi Debit Inflow Waduk Jatigede Dengan Debit Aktual

Untuk melihat kesesuaian hasil prediksi dengan data historis maka dibuat grafik antara debit historis dengan debit prakiraan Chain Markov yang disajikan pada Grafik 5.2 sebagai berikut ini.



Grafik 5.1 Kalibrasi Debit Prakiraan Model Korelasi Spasial dengan Debit Historis Pos Leuwigoong Sungai –Cimanuk-Jatigede (2005-2015)

Dari grafik 5.1 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.

5.5.2. 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, normal, basah), dengan mengurutkan data debit dari yang paling besar ke kecil. Kemudian dicari nilai batas kelas debit bulanan Leuwigoong (2005-2015) Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Batas Kelas Debit Bulanan DAS Cimanuk-Jatigede (2005-2015)

Bulan	Interval Debit (m ³ /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
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

Setelah diketahui batas kelas debit kering, basah, normal kemudian kemudian didapatkan nilai debit rata-rata bulanan setiap kelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Nilai Debit Rata-Rata Bulanan Setiap Kelas DAS Cimanuk-Jatigede (2005-2015)

Bulan	Debit Basah (2)	Debit Normal (1)	Debit Kering (0)
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s

Bulan	Debit Basah (2)	Debit Normal (1)	Debit Kering (0)
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /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

Langkah selanjutnya adalah dengan melakukan pengklasifikasian debit historis rata-rata bulanan untuk mencari probabilitas matriks transisi bulannya Tabel 5.9.

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 february diperlihatkan oleh Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Matriks Transisi Markov Bulanan Orde 3 kelas

Kondisi Bulan Januari (t)	Kondisi Februari (t+1)				
	0	1	2		
0	0,75	0,25	0,00	1,00	P_{0N}
1	0,25	0,75	0,00	1,00	P_{1N}
2	0,00	0,00	1,00	1,00	P_{2N}
	1,00	1,00	1,00		P_{NN}
	P_{N0}	P_{N1}	P_{N2}	P_{NN}	

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 5.10.

Kemudian hasil prediksi dikalibrasi dengan debit historis untuk melihat kesesuaian hasil prediksi dengan data historis. Kalibrasi dilakukan dengan analisis korelasi untuk mencari nilai koefisien korelasi dan koefisien determinasi debit hasil prakiraan dengan debit historis. Hasil Kalibrasi tersebut ditunjukkan oleh Gambar 5.8.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,797 ^a	,636	,633	21,10751

a. Predictors: (Constant), Qmarkov

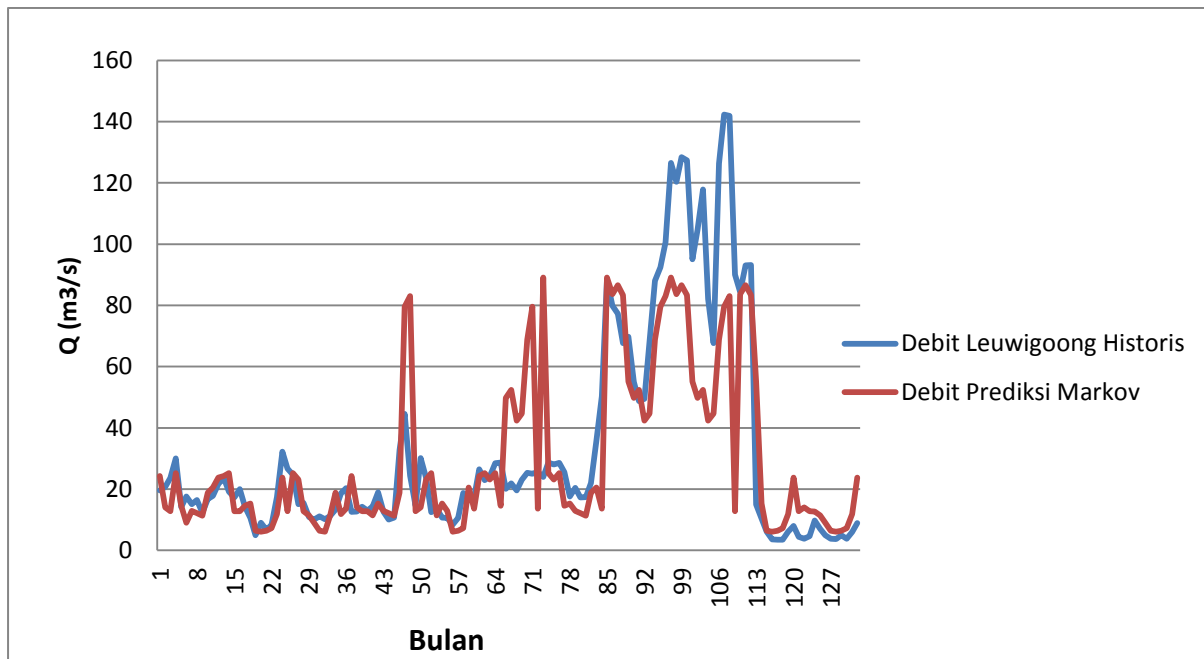
Gambar 5.8 Nilai Koefisien Korelasi Debit Historis dengan Debit Model Chain Markov

Dari Gambar 5.8 dapat dilihat bahwa nilai koefisien korelasi antara debit historis dengan debit Markov memiliki nilai koefisien korelasi yang cukup tinggi yaitu 0,797 mendekati 1. Hal ini menunjukkan bahwa antara debit historis dan debit Chain Markov memiliki hubungan yang kuat, sehingga dapat dikatakan bahwa model prakiraan debit model Chain Markov layak untuk memperkirakan debit *inflow* waduk Jatigede.

Tabel 5.11 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	24,28	14,10	12,81	25,22	14,52	9,00	12,88	12,12	11,38	18,81	20,49	23,74
2006	24,28	25,18	12,81	12,81	14,52	15,29	6,37	6,15	6,43	7,23	11,83	23,74
2007	12,79	25,18	23,14	12,81	11,44	9,00	6,37	6,15	11,38	18,81	11,83	13,62
2008	24,28	14,10	12,81	12,81	11,44	15,29	12,88	12,12	11,38	18,81	79,63	83,05
2009	12,79	14,10	23,14	25,22	11,44	15,29	12,88	6,15	6,43	7,23	20,49	13,62
2010	24,28	25,18	23,14	25,22	14,52	49,83	52,39	42,33	44,65	68,85	79,63	13,62
2011	89,11	25,18	23,14	25,22	14,52	15,29	12,88	12,12	11,38	18,81	20,49	13,62
2012	89,11	83,70	86,63	83,31	55,08	49,83	52,39	42,33	44,65	68,85	79,63	83,05
2013	89,11	83,70	86,63	83,31	55,08	49,83	52,39	42,33	44,65	68,85	79,63	83,05
2014	12,79	83,70	86,63	83,31	55,08	15,29	6,37	6,15	6,43	7,23	11,83	23,74
2015	12,79	14,10	12,81	12,70	11,44	9,00	6,37	6,15	6,43	7,23	11,83	23,74

Untuk melihat kesesuaian hasil prediksi dengan data historis maka dibuat grafik antara debit historis dengan debit prakiraan Chain Markov yang disajikan pada Grafik 5.2 sebagai berikut ini.



Grafik 5.2 Grafik Debit Prakiraan Model Diskrit Markov dengan Debit Historis Pos Leuwigoong -DAS Cimanuk-Jatigede (2005-2015)

Dari grafik 5.2 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.

Hasil prakiraan debit dengan dua model yang telah dilakukan maka diperoleh model yang paling baik dalam memperkirakan debit Inflow Waduk Jatigede adalah model korelasi spasial

debit karena memiliki nilai koefisien korelasi yang lebih besar yaitu 0,933 dibandingkan dengan nilai koefisien korelasi debit prakiraan model Chain Markov yang memiliki nilai koefisien korelas sebesar 0,797

5.6.Simulasi Pengelolaan Waduk Optimal

Simulasi pengelolaan waduk optimal dengan menggunakan model debit prakiraan korelasi spasial hujan dan debit kemudian penentuan tahun kering, normal dan basah digunakan matriks transisi tiga kelas orde 1 tahunan yang dihitung dengan menggunakan metode Chain Markov dapat dilihat pada Tabel 5.12. Lintasan pedoman yang digunakan adalah lintasan pedoman kering, normal, basah periode 10 tahun.

Tabel 5.12 Matriks Transisi Tiga Kelas Orde 1 Tahunan

Kondisi Tahun Debit (t)	Kondisi Tahun Debit (t+1)				
	0	1	2		
0	0	1	0	1	P_{0N}
1	0,5	0,25	0,25	1	P_{1N}
2	0,25	0	0,75	1	P_{2N}
	0,75	1,25	1		P_{NN}
	P_{0N}	P_{1N}	P_{2N}	P_{NN}	

Untuk Perhitungan Pedoman Lintasan Kering PU 10 Tahun menggunakan debit prakiraan korelasi spasial hujan debit dapat dilihat pada tabel 5.13. Perhitungan pedoman lintasan dengan cara membuat rata-rata Q_{in} kemudian Q_{in} dikurangi Q_{in} rata-rata. Kemudian menghitung St dengan menngakumulasikan nilai $Q_{surplus}$ dan $Q_{deficit}$.

Tabel 5.13 Perhitungan Pedoman Lintasan Kering PU 10 Tahun

Bulan	Q_{in} (hm^3/bln)	Q_{out} (hm^3/bln)	$Q_{surplus}$ (hm^3/bln)	$Q_{deficit}$ (hm^3/bln)	St (hm^3)
Jan	22,95	14,52	8,43		10,44
Feb	11,35	14,52		-3,17	7,27
Mar	10,95	14,52		-3,57	3,70
Apr	11,69	14,52		-2,83	0,87
Mei	22,90	14,52	8,38		9,25

Bulan	Q_{in} (hm^3/bln)	Q_{out} (hm^3/bln)	$Q_{surplus}$ (hm^3/bln)	$Q_{deficit}$ (hm^3/bln)	St (hm^3)
Jun	18,41	14,52	3,89		13,15
Jul	13,99	14,52		-0,53	12,61
Agust	10,96	14,52		-3,56	9,05
Sep	10,45	14,52		-4,07	4,98
Okt	12,67	14,52		-1,85	3,13
Nop	11,39	14,52		-3,13	0,00
Des	16,53	14,52	2,01		2,01

Untuk Perhitungan Pedoman Lintasan normal menggunakan debit prakiraan korelasi spasial hujan debit dapat dilihat pada tabel 5.14.

Tabel 5.14 Perhitungan Pedoman Lintasan Normal

Bulan	Q_{in} (hm^3/bln)	Q_{out} (hm^3/bln)	$Q_{surplus}$ (hm^3/bln)	$Q_{deficit}$ (hm^3/bln)	St (hm^3)
Jan	60,76	48,90	11,86		25,34
Feb	56,42	48,90	7,52		32,86
Mar	64,92	48,90	16,03		48,89
Apr	55,79	48,90	6,89		55,78
Mei	58,56	48,90	9,66		65,44
Jun	37,66	48,90		-11,24	54,21
Jul	38,02	48,90		-10,88	43,33
Agust	35,56	48,90		-13,34	29,98
Sep	31,39	48,90		-17,51	12,47
Okt	36,43	48,90		-12,47	0,00
Nop	54,28	48,90	5,38		5,38
Des	57,01	48,90	8,11		13,49

Untuk Perhitungan Pedoman Lintasan basah PU 10 Tahun menggunakan debit prakiraan korelasi spasial hujan debit dapat dilihat pada tabel 5.15.

Pada pola pengusahaan waduk ini debit yang masuk diantisipasi sehingga meminimalkan air yang terbuang ke *spillway* dan selalu masuk ke fungsi utilitas Penyediaan Air Minum. Hasil Perhitungan simulasi pola pengusahaan waduk optimal menggunakan debit prakiraan korelasi spasial (Q_{in}) dengan pedoman lintasan PU 10 tahun (St pedoman) dapat dilihat pada Tabel 5.16. Perhitungan simulasi pola pengusahaan waduk optimal menggunakan prinsip *mass balance*

$$S_{t+1} = S_t + Q_{in} - Q_{PLTA} - E - Q_{\text{air baku}}$$

Konstrain :

- Batasan *stoke* (st) /tampungan waduk efektif : $796 \times 10^6 \text{ m}^3$
- Debit Air baku minum (Q) : 3,5 m³/s
- Debit PLTA (Q) : 61,84 m³/s = 160,28 hm³/bulan

Tabel 5.15 Perhitungan Pedoman Lintasan Basah PU 10 Tahun

Bulan	Q_{in} (hm ³ /bln)	Q_{out} (hm ³ /bln)	$Q_{surplus}$ (hm ³ /bln)	$Q_{deficit}$ (hm ³ /bln)	St (hm ³)
Jan	308,30	276,09	32,21		87,57
Feb	254,16	276,09		-21,93	65,64
Mar	281,75	276,09	5,66		71,30
Apr	308,00	276,09	31,91		103,20
Mei	313,47	276,09	37,37		140,58
Jun	250,66	276,09		-25,43	115,14
Jul	274,07	276,09		-2,02	113,12
Agust	303,90	276,09	27,81		140,93
Sep	219,73	276,09		-56,37	84,56
Okt	191,53	276,09		-84,56	0,00
Nop	286,58	276,09	10,49		10,49
Des	320,97	276,09	44,88		55,36

Contoh perhitungan pada tabel 5.16 untuk st+1 bulan Januari tahun 2006 dengan st pedoman bulan Desember, Q_{in} bulan Desember.

- $Q_{PLTA} \text{ Januari} = St \text{ Desember} + Q_{in} \text{ Januari} - Q_{\text{air baku Januari}} - St \text{ Pedoman Januari}$

$$Q_{PLTA} \text{ Januari} = 16,53 + 43,73 - 22,95 - 9,07 = 28,24 \text{ m}^3/\text{s}$$

- $St \text{ Januari koreksi} = St \text{ Pedoman Desember} + Q_{in} \text{ Aktual} - Q_{\text{Air Baku}} - Q_{PLTA}$

$$St \text{ Januari} = 16,53 + 61,46 - 9,07 - 28,24 = 40,68 \text{ m}^3/\text{s}$$

Perhitungan Q_{PLTA} bertujuan untuk mengamankan $Q_{\text{air baku}}$, sehingga $Q_{\text{air baku}}$ terjamin sepanjang tahun. Untuk debit PLTA pada pembahasan debit rencana telah dibahas bahwa hanya bisa terpenuhi 20% pada simulasi dapat dilihat pada tahun 2012 hingga 2014 awal bisa terpenuhi sedangkan pada tahun yang lain tidak terpenuhi, karena keterbatasan data dalam proses simulasi pola optimasi unjuk kerja waduk Jatigede.

Tabel 5.16 Hasil Perhitungan Simulasi Pola Pengusahaan Waduk dengan Menggunakan Pedoman Lintasan Periode Ulang 10 Tahun

Tahun	Bulan	St Pedoman (hm3)	St+1 Koreksi (hm3)	St Koreksi (hm3)	Qin (hm3/bulan)		Q out Air Baku (hm3/bulan)	Qout PLTA (hm3/bulan)
					Prakiraan	Aktual		
2006	Jan	22,95	40,68	16,53	43,73	61,46	9,07	28,24
Kering	Feb	11,35	0,00	0,00	57,85	49,56	8,47	87,18
	Mar	10,95	0,12	0,12	46,22	44,76	9,37	35,27
	Apr	11,69	10,42	10,42	44,06	51,87	9,07	32,50
	May	22,90	0,23	0,23	50,16	36,86	9,37	37,67
	Jun	18,41	0,40	0,40	36,34	27,40	9,07	18,16
	Jul	13,99	0,00	0,00	28,87	12,73	9,37	15,29
	Aug	10,96	13,90	13,90	14,62	23,28	9,37	0,00
	Sep	10,45	0,00	0,00	27,01	17,44	9,07	30,46
	Oct	12,67	4,07	4,07	20,81	21,59	9,37	8,14
	Nov	11,39	21,91	21,91	25,45	45,05	9,07	18,14
	Dec	16,53	39,82	39,82	50,96	83,62	9,37	56,33
2007	Jan	22,95	7,06	39,82	85,04	69,15	9,07	92,84
Kering	Feb	11,35	3,73	7,06	71,62	64,00	8,76	58,57
	Mar	10,95	0,00	3,73	63,09	39,09	9,37	46,49
	Apr	11,69	13,09	0,00	38,80	40,20	9,07	18,04
	May	22,90	11,55	13,09	39,76	28,41	9,37	20,57
	Jun	18,41	16,26	11,55	28,38	26,23	9,07	12,45
	Jul	13,99	15,83	16,26	27,06	28,90	9,37	19,96
	Aug	10,96	6,16	15,83	31,26	26,46	9,37	26,75
	Sep	10,45	8,38	6,16	31,21	29,13	9,07	17,85
	Oct	12,67	11,97	8,38	35,23	34,53	9,37	21,56

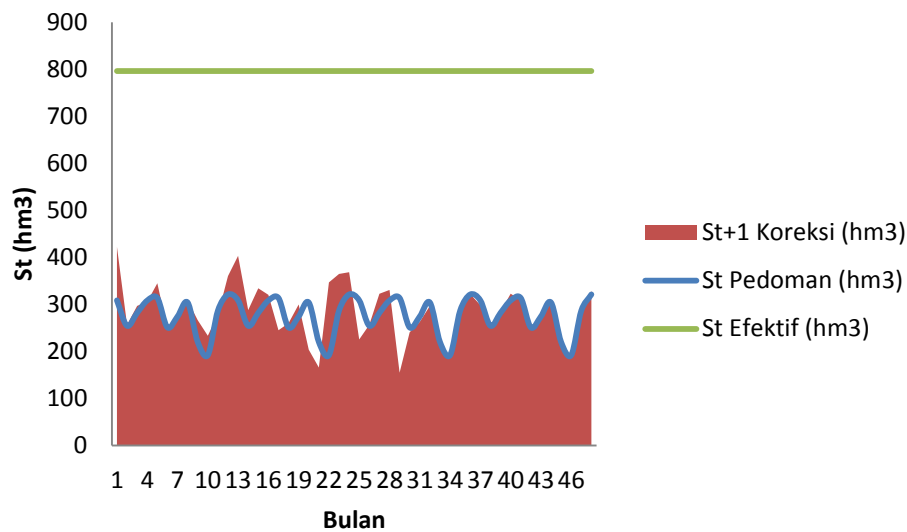
Tahun	Bulan	St Pedoman (hm3)	St+1 Koreksi (hm3)	St Koreksi (hm3)	Qin (hm3/bulan)		Q out Air Baku (hm3/bulan)	Qout PLTA (hm3/bulan)
					Prakiraan	Aktual		
	Nov	11,39	17,66	11,97	42,17	48,44	9,07	33,69
	Dec	16,53	20,99	17,66	48,24	52,70	9,37	39,99
2008	Jan	60,76	41,96	20,99	51,40	32,61	9,07	2,56
Normal	Feb	56,42	55,90	41,96	33,51	33,00	8,47	10,60
	Mar	64,92	67,80	55,90	34,06	36,94	9,37	15,66
	Apr	55,79	53,49	67,80	35,98	33,67	9,07	38,91
	May	58,56	81,46	53,49	33,02	37,35	9,37	0,00
	Jun	37,66	48,52	81,46	38,34	49,20	9,07	73,06
	Jul	38,02	19,05	48,52	51,53	32,56	9,37	52,66
	Aug	35,56	24,05	19,05	37,56	26,05	9,37	11,67
	Sep	31,39	27,53	24,05	31,57	27,71	9,07	15,16
	Oct	36,43	86,14	27,53	35,15	84,86	9,37	16,87
	Nov	54,28	81,78	86,14	87,95	115,45	9,07	110,74
	Dec	57,01	12,58	81,78	107,542	63,1152	9,37	122,94
2009	Jan	22,95	0,00	12,58	61,43	37,64	9,07	41,99
Kering	Feb	11,35	53,37	0,00	36,18	78,20	8,47	16,37
	Mar	10,95	0,01	53,37	72,16	61,22	9,37	105,20
	Apr	11,69	0,00	0,01	58,14	32,37	9,07	37,39
	May	22,90	26,89	0,00	31,23	35,23	9,37	0
	Jun	18,41	12,09	26,89	33,96	27,63	9,07	33,37
	Jul	13,99	13,81	12,09	27,79	27,60	9,37	16,51
	Aug	10,96	4,66	13,81	28,12	21,82	9,37	21,60
	Sep	10,45	14,00	4,66	23,87	27,42	9,07	9,01
	Oct	12,67	26,07	14,00	35,28	48,68	9,37	27,24
	Nov	11,39	3,38	26,07	54,07	46,06	9,07	59,68

Tahun	Bulan	St Pedoman (hm3)	St+1 Koreksi (hm3)	St Koreksi (hm3)	Qin (hm3/bulan)		Q out Air Baku (hm3/bulan)	Qout PLTA (hm3/bulan)
					Prakiraan	Aktual		
	Dec	16,53	16,04	3,38	45,28	44,79	9,37	22,75
2010	Jan	60,76	86,05	16,04	43,34	68,64	9,07	0
Normal	Feb	56,42	52,76	86,05	63,04	59,38	8,47	84,21
	Mar	64,92	77,50	52,76	50,16	62,73	9,37	28,62
	Apr	55,79	76,27	77,50	53,45	73,92	9,07	66,08
	May	58,56	69,71	76,27	63,19	74,34	9,37	71,52
	Jun	37,66	22,03	69,71	67,81	52,18	9,07	90,78
	Jul	38,02	44,32	22,03	50,52	56,82	9,37	25,16
	Aug	35,56	31,23	44,32	55,16	50,83	9,37	54,55
	Sep	31,39	41,58	31,23	49,66	59,85	9,07	40,43
	Oct	36,43	45,14	41,58	56,89	65,60	9,37	52,67
	Nov	54,28	57,00	45,14	62,13	64,85	9,07	43,92
	Dec	57,01	64,14	57,00	59,38	66,51	9,37	50,00
2011	Jan	22,95	25,10	64,14	60,08	62,23	9,07	92,20
Kering	Feb	11,35	90,97	25,10	57,34	74,34	8,47	62,62
	Mar	10,95	21,03	90,97	62,57	72,65	9,37	133,22
	Apr	11,69	24,70	21,03	61,15	74,16	9,07	61,42
	May	22,90	25,99	24,70	63,24	66,33	9,37	55,67
	Jun	18,41	3,66	25,99	60,50	45,75	9,07	59,00
	Jul	13,99	22,31	3,66	44,71	53,03	9,37	25,01
	Aug	10,96	3,96	22,31	51,68	44,69	9,37	53,66
	Sep	10,45	11,65	3,96	43,96	45,15	9,07	28,39
	Oct	12,67	26,10	11,65	43,70	57,13	9,37	33,30
	Nov	11,39	49,67	26,10	54,48	92,77	9,07	60,12
	Dec	16,53	62,96	49,67	83,90	130,33	9,37	107,66

Tahun	Bulan	St Pedoman (hm3)	St+1 Koreksi (hm3)	St Koreksi (hm3)	Qin (hm3/bulan)		Q out Air Baku (hm3/bulan)	Qout PLTA (hm3/bulan)
					Prakiraan	Aktual		
2012	Jan	308,30	422,09	62,96	115,34	229,13	9,07	0
Basah	Feb	254,16	256,32	422,09	205,08	207,23	8,47	364,54
	Mar	281,75	296,58	256,32	185,38	200,21	9,37	150,57
	Apr	308,00	305,41	296,58	177,97	175,37	9,07	157,47
	May	313,47	344,73	305,41	149,48	180,74	9,37	132,05
	Jun	250,66	247,24	344,73	146,16	142,74	9,07	231,16
	Jul	274,07	268,13	247,24	132,32	126,39	9,37	96,12
	Aug	303,90	308,23	268,13	123,87	128,20	9,37	78,73
	Sep	219,73	266,13	308,23	130,30	176,70	9,07	209,73
	Oct	191,53	233,08	266,13	186,81	228,36	9,37	252,02
	Nov	286,58	277,72	233,08	248,44	239,58	9,07	185,87
	Dec	320,97	360,06	277,72	221,54	260,63	9,37	168,91
2013	Jan	308,30	402,99	360,06	233,38	328,07	9,07	276,07
Basah	Feb	254,16	287,60	402,99	278,51	311,95	8,47	418,87
	Mar	281,75	334,01	287,60	280,66	332,92	9,37	277,14
	Apr	308,00	320,10	334,01	317,91	330,01	9,07	334,84
	May	313,47	244,83	320,10	315,11	246,47	9,37	312,37
	Jun	250,66	259,71	244,83	262,28	271,33	9,07	247,38
	Jul	274,07	299,52	259,71	280,01	305,47	9,37	256,28
	Aug	303,90	203,54	299,52	313,04	212,67	9,37	299,28
	Sep	219,73	165,43	203,54	229,68	175,37	9,07	204,42
	Oct	191,53	346,56	165,43	172,32	327,34	9,37	136,83
	Nov	286,58	364,50	346,56	290,82	368,74	9,07	341,73
	Dec	320,97	368,22	364,50	320,53	367,78	9,37	354,68

Tahun	Bulan	St Pedoman (hm3)	St+1 Koreksi (hm3)	St Koreksi (hm3)	Qin (hm3/bulan)		Q out Air Baku (hm3/bulan)	Qout PLTA (hm3/bulan)
					Prakiraan	Aktual		
2014	Jan	308,30	225,18	368,22	316,64	233,51	9,07	367,49
Basah	Feb	254,16	256,34	225,18	216,67	218,84	8,47	179,21
	Mar	281,75	322,37	256,34	200,75	241,37	9,37	165,97
	Apr	308,00	330,47	322,37	218,92	241,39	9,07	224,22
	May	313,47	154,53	330,47	197,69	38,75	9,37	205,32
	Jun	250,66	240,47	154,53	36,99	26,80	9,07	0
	Jul	274,07	262,69	240,47	27,24	15,86	9,37	0
	Aug	303,90	296,51	262,69	16,59	9,20	9,37	0
	Sep	219,73	217,19	296,51	11,46	8,92	9,07	79,17
	Oct	191,53	188,40	217,19	12,18	9,05	9,37	28,46
	Nov	286,58	290,16	188,40	12,36	15,94	9,07	0
	Dec	320,97	321,44	290,16	20,14	20,61	9,37	0
2015	Jan	308,30	298,30	321,44	21,51	11,51	9,07	25,57
Basah	Feb	254,16	252,66	298,30	11,46	9,95	8,47	47,12
	Mar	281,75	283,95	252,66	9,82	12,03	9,37	0
	Apr	308,00	322,49	283,95	10,89	25,38	9,07	0
	May	313,47	309,09	322,49	22,63	18,25	9,37	22,28
	Jun	250,66	246,07	309,09	17,47	12,88	9,07	66,82
	Jul	274,07	270,83	246,07	13,09	9,85	9,37	0
	Aug	303,90	302,92	270,83	10,47	9,49	9,37	0
	Sep	219,73	222,22	302,92	10,42	12,91	9,07	84,54
	Oct	191,53	186,66	222,22	14,70	9,82	9,37	36,01
	Nov	286,58	290,86	186,66	11,35	15,63	9,07	0
	Dec	320,97	328,18	290,86	15,86	23,07	9,37	0

Grafik optimasi pola pengusahaan waduk dengan pedoman lintasan 10 tahun dapat dilihat pada Grafik 5.3.



Grafik 5.3 Simulasi Pola Pengusahaan Waduk dengan Menggunakan Pedoman Lintasan Periode Ulang 10 Tahun

Dari Tabel 5.16 dan grafik 5.3 dapat terlihat bahwa St koreksi tertinggi adalah sebesar 422 hm^3 sedangkan st efektif waduk adalah 796 hm^3 . Hal ini menunjukkan bahwa volume tampungan waduk masih dalam batas aman.

Untuk melihat kesesuaian antara St Pedoman dengan St Koreksi kemudian dilakukan analisis korelasi linier untuk melihat nilai korelasinya, hasilnya bisa dilihat pada gambar 5.9. Dari gambar 5.9 dapat dilihat bahwa nilai korelasi antara St pedoman dan St koreksi adalah 0,965 hal ini menunjukkan hubungan yang kuat dan linier antara St pedoman dan St koreksi. Sehingga St pedoman dari hasil perhitungan menggunakan model prakiraan debit korelasi spasial hujan dan debit layak untuk digunakan sebagai stoke ataupun lintasan dalam manajemen optimal waduk Jatigede.

Model Summary ^b				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,965 ^a	,932	,931	33,09944

a. Predictors: (Constant), VAR00002

b. Dependent Variable: VAR00001

Gambar 5.9 Nilai Koefisien St Pedoman dengan St Koreksi

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

6.1.Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini, kesimpulan yang didapatkan adalah sebagai berikut:

Debit andalan waduk Jatigede probabilitas 90 % sebesar $2,05 \text{ m}^3/\text{detik}$ tidak dapat memenuhi kebutuhan air baku minum *domestic* untuk daerah Kabupaten Cirebon dan Indramayu sebesar $3.5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Debit rencana waduk Jatigede dengan probabilitas 90% sebesar $5,67 \text{ m}^3/\text{s}$ dapat memenuhi laju kebutuhan air minum Kabupaten Cirebon dan Indramayu sebesar $3.5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Model prakiraan debit korelasi spasial hujan dan debit kuarternern lebih baik dibandingkan dengan model perkiraan debit dengan menggunakan model Diskrit Markov. Nilai koefisien korelasi model spasial hujan dan debit yaitu 0,933 , sedangkan nilai koefisien korelasi debit model Chain Markov yaitu 0,797. Nilai koefisien korelasi yang mendekati angka satu menunjukkan hubungan yang kuat dan linier dan menunjukkan debit prakiraan mendekati debit historis. Sehingga model layak untuk memprediksi debit masukan Waduk Jatigede.

Pada manajemen optimal waduk Jatigede nilai korelasi koefisien korelasi antara St pedoman dan St koreksi adalah 0,965 hal ini menunjukkan hubungan yang kuat dan linier antara St pedoman dan St koreksi. Sehingga St pedoman dari hasil perhitungan menggunakan model prakiraan debit korelasi spasial hujan dan debit layak untuk digunakan sebagai St pedoman dalam optimasi pola operasi waduk Jatigede.

6.2.Saran

1. Dalam pemodelan debit prakiraan dan simulasi
2. Dalam pemodelan debit prakiraan dan simulasi sebaiknya menggunakan *times series* data yang panjang yaitu minimal diatas 15 tahun agar dapat memprediksi debit *inflow* lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Afshin Jahangirzadeh., ShatirahAkib., BabakKamali., Sadia Rahman.(2012).Optimal Water Allocation: Sustainable Management of Dam Reservoir. *World Academy of Science, Engineering and Technology*.Vol.72.
- Anonim. (2016): Buku Putih Sanitasi Kota Cirebon. url: <https://www.academia.edu/7269359/>.
- Asdak, Chay. (2010): Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Air Sungai: Edisi Revisi Kelima. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press Yogyakarta.
- Asher Levin, David (2009) : *Markov chains and mixing times*. url : [http:// books.google. co. uk/ books?id=6Cg5Nq5sSv4C& lpg=PA16&dq=essential class markov& pg=PA16#v=onepage](http://books.google.co.uk/books?id=6Cg5Nq5sSv4C&lpg=PA16&dq=essential+class+markov&pg=PA16#v=onepage)). pp. 16. ISBN 978-0-8218-4739-8.
- Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Cimanuk-Cisanggarung (2018). Data sekunder.
- Balai PSDA Wilayah Sungai Cimanuk-Cisanggarung (2018). Data sekunder.
- Citarum.org. (2014): Citarum Road Map – Kondisi Prasarana. url: <http://citarum.org/roadmap/citarum-roadmap/latar-belakang/143-indonesia/tentang-kami/sekilas-citarum.html>
- Cholifatul Afifah Risdiana, Atmodjo Pranoto Samto, Sangkawati Sri.(2015): Unjuk Kerja Waduk Jatigede. Jurnal MKTS Jurnal Ilmu dan Terapan Bidang Teknik Sipil. **Volume 21, No. 2**.
- Hadisusanto, Nugroho.(2010): Aplikasi Hidrologi, Jogja Media Utama: Malang.
- Marselina M., Arwin., Siti Salami I., R.,, Marganingrum D. (2017): Model Prakiraan Debit dalam Rangka Optimalisasi Pengelolaan Waduk Saguling-Kaskade Citarum
- Mulyawati, Ira. (2016) : Pengembangan Pola Pengusahaan Waduk Ketidakpastian Masa Depan Ihwal Waduk Ekaguna Karian Tipe Hujan Munsoon. Seminar Tahunan XII IATPI 2016.
- PDAM Kota Cirebon (2016). **Perkembangan Pdam Kota Cirebon. Url :** <http://www.pdamkotacirebon.co.id/statis-5-sejarahperusahaan.html>
- 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**.

Sabar Arwin, Nico Plamonia. (2012): Tantangan Pembangunan Infrastruktur SDA & Pengaruh Iklim Ihwal Urban Metropolitan Jakarta . Proseding Seminar Nasional Tantangan Pembangunan Berkelanjutan & Perubahan Iklim di Indonesia USU-BLH Sumatera Utara.

Sugiono (2006): Statistik Untuk Penelitian. Bandung: Alfabeta.

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

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data debit Pos Duga Air Leuwigoong (2005-2015)

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agust	Sep	Okt	Nop	Des
2005	19,63	20,71	23,69	30,09	14,17	17,60	15,10	16,45	12,25	16,73	17,77	21,64
2006	23,71	19,12	17,27	20,01	14,22	10,57	4,91	8,98	6,73	8,33	17,38	32,26
2007	26,68	24,69	15,08	15,51	10,96	10,12	11,15	10,21	11,24	13,32	18,69	20,33
2008	12,58	12,73	14,25	12,99	14,41	18,98	12,56	10,05	10,69	32,74	44,54	24,35
2009	14,52	30,17	23,62	12,49	13,59	10,66	10,65	8,42	10,58	18,78	17,77	17,28
2010	26,48	22,91	24,20	28,52	28,68	20,13	21,92	19,61	23,09	25,31	25,02	25,66
2011	24,01	28,68	28,03	28,61	25,59	17,65	20,46	17,24	17,42	22,04	35,79	50,28
2012	88,40	79,95	77,24	67,66	69,73	55,07	48,76	49,46	68,17	88,10	92,43	100,55
2013	126,57	120,35	128,44	127,32	95,09	104,68	117,85	82,05	67,66	126,29	142,26	141,89
2014	90,09	84,43	93,12	93,13	14,95	10,34	6,12	3,55	3,44	3,49	6,15	7,95
2015	4,44	3,84	4,64	9,79	7,04	4,97	3,80	3,66	4,98	3,79	6,03	8,90

Sumber : (Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Cimanuk-Cisanggarung, Pusat Litbang Sumber Daya Air Bandung (PUSAIR) dan Balai PSDA Wilayah Sungai Cimanuk-Cisanggarung, 2018)

Lampiran 2 Data debit Pos Duga Air Leuwidaun (2005-2015)

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agust	Sep	Okt	Nop	Des
2005	17,83	20,88	22,41	20,97	8,91	8,45	8,31	5,21	5,53	5,61	7,46	14,39
2006	15,76	16,36	8,06	14,26	9,14	3,95	3,25	2,38	2,03	1,74	2,89	32,26
2007	10,59	16,51	20,41	24,89	13,93	10,55	4,72	2,93	2,13	3,01	9,44	11,96
2008	6,13	6,52	15,79	12,60	5,27	3,03	2,49	2,40	2,15	6,68	17,92	16,05
2009	18,14	20,42	17,51	16,47	9,80	8,24	6,72	14,20	37,00	47,98	9,98	24,21
2010	40,19	54,48	47,12	45,09	43,95	38,22	33,11	31,02	41,49	34,73	39,76	51,31
2011	29,23	32,51	32,93	35,69	34,14	18,11	15,39	11,62	10,56	12,82	23,71	23,94
2012	58,83	36,87	33,50	33,51	26,97	12,17	7,70	9,39	8,57	10,38	36,58	72,32
2013	79,87	70,39	65,44	74,30	57,91	34,84	22,12	3,49	9,00	8,90	10,91	22,91
2014	18,31	17,74	30,57	26,44	17,55	12,77	14,07	9,27	5,00	5,66	12,68	36,74
2015	23,54	29,49	24,48	26,14	19,50	10,27	8,08	7,00	6,32	5,95	10,30	18,73

Sumber : (Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Cimanuk-Cisanggarung, Pusat Litbang Sumber Daya Air Bandung (PUSAIR) dan Balai PSDA Wilayah Sungai Cimanuk-Cisanggarung, 2018)

Lampiran 3 Data debit Pos Duga Air Bojongloa (2005-2015)

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agust	Sep	Okt	Nop	Des
2005	5,39	9,58	11,76	10,99	6,61	7,58	6,58	2,25	2,28	3,5	3,95	6,45
2006	8,25	9,37	6,22	6,98	6,29	4,24	2,6	1,83	1,74	1,74	1,91	3,37
2007	3,18	5,34	5,76	5,95	6,15	4,79	3,19	1,53	1,22	1,04	5,48	6,13
2008	4,72	4,45	7,41	6,79	4,73	3,42	1,75	1,27	0,82	3,08	7,04	5,76
2009	8,37	8,89	7,26	7,96	8,19	6,35	5,75	3,16	0,68	1,92	6,3	7
2010	9,6	20,19	19,33	16,89	9,84	6,34	6,28	6,3	7,24	7,19	9,8	10,43
2011	9,6	20,19	19,33	16,89	9,84	6,34	6,28	6,3	7,24	7,19	9,8	10,43
2012	7,12	7,5	8,4	12,09	19,15	6,68	4,38	3,04	1,88	1,34	5,52	6,73
2013	9,92	6,03	3,64	3,59	1,44	1,91	1,99	1,54	3,52	7,1	8,23	9
2014	5,31	6,28	6,16	15,27	8,06	5,82	5,27	1,46	0,67	0,63	1,03	4,65
2015	11,74	14,02	11,43	8,86	8,86	3,64	1,33	0,89	0,94	1,03	4,85	10,79

Sumber : (Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Cimanuk-Cisanggarung, Pusat Litbang Sumber Daya Air Bandung (PUSAIR) dan Balai PSDA Wilayah Sungai Cimanuk-Cisanggarung, 2018)

Lampiran 4 Kondisi Fisik Waduk Jatigede 2018



Sumber : Dokumentasi Peneliti

Lampiran 5 Peneliti Pada Saat Pengambilan Data di PUSAIR Bandung 2018



Lampiran 6 Form Pengambilan Data di PUSAIR Bandung 2018

KEMENTERIAN PERKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR
Jalan Ir. H. Juanda 193, Bandung 40135, Telp. (022) 2501083, 2504053, 2501554, 2500557
Faks. (022) 2500163, PO Box 641, E-mail: pusaair@pu.go.id, Http://www.pusaair.pu.go.id

PINTU
Pusat Informasi Terpadu

Diisi oleh Pemohon

Hari, Tanggal	: Kamis, 23 Agustus 2018	Waktu Wt/Pukul	: 11.24 WIB
Nama	: Ira Mulyawati		
Kartu Identitas	: ☒ KTP	☐ SIM	
Instansi	: Universitas Sahid Jakarta		
Alamat	: Jl. Pancoran Barat IXE No.73 Jakarta Selatan		
Telp/HP	: 08579513 2979		
Email	: ira.mulyawati@gmail.com		
Media	: ☐ Telepon	☒ Email	☐ Surat Tertulis ☐ Sosial Media ☐ Dll

Detail Permintaan

~~Debit sungai dengan Induk Sungai Cimanuk dan Induk Sungai Cisaranggur dan koordinat pos debatnya beserta petanya (pos debit yang paling dekat dengan waduk Jatigede)~~

pos hujon BPSDA Cimanuk - Cisonggarung, Darmaraja, Taregong, leuwi goong, koordinat pos ~~debut~~ & Petanya ~~pos hujon~~ Petanya
Darma, Darmaraja, waduk darma leuwiung Gede Tamben, kalipaten tamben.
Pamulihan, Bander, Kerpakan, Pamegatan, Pamekang, Pamekang - Bayongloa,
Debit Sungai Cimanuk - leuwidaun, Debit Sungai Cimanuk -
Cimanuk - wado, Cimanuk - Bayong bong, koordinat pos debit air &
Petanya, Debit Sungai Cimanuk - Tomo, Cimanuk - monjot, Cimanuk -
Kertosemaya.