

Optimasi Operasi Waduk Jatigede Menggunakan *Linear Programming* dan *Chance Constraint Non Linear Programming*

Siti Astycha Ananda Sofyan

Jurusan Teknik Sipil Universitas Muslim Indonesia – Makassar

Korespondensi : astychasofyan@gmail.com

ABSTRAK

Waduk Jatigede tujuan utamanya adalah : Irigasi di wilayah rentang seluas 90.000 Ha, Penyediaan air baku untuk daerah Kabupaten Cirebon dan Indramayu sebesar + 3.500 liter/detik, Pembangkit tenaga listrik dengan daya terpasang 110 MW pada PLTA Jatigede, dan Pengendalian banjir di wilayah Indramayu. Harus diingat bahwa Indonesia merupakan negara tropis dan memiliki curah hujan yang relatif besar. Namun, tidak merata, Pengaruh iklim di Indonesia ini menyebabkan adanya Bulan basah dan Bulan kering yang dimana sangat mempengaruhi Inflow Waduk Jatigede. maka akan dilakukan suatu simulasi dan optimasi dalam pola operasi Waduk Jatigede, yang dimana akan menggunakan metode *Chance Constraint Non Linear Programming* dan *Linear Programming*. Dari hasil persentase defisit jika pada musim kering defisit air kurang lebih setengah atau 50% di bulan kering, di bulan normal defisit sekitara 32 %, sedangkan untuk nilai persentase rata-rata di bulan basah bisa mencapai 13%. Disarankan pengurangan luas DI atau golongan luas tanam (penanaman tidak dilakukan secara serentak).

Kata Kunci : Optimasi, Waduk Jatigede, *Chance Constraint Non Linear Programming* dan *Linear Programming*

PENDAHULUAN

Nilai curah hujan yang sangat ekstrim perbedaannya dan tidak menentu dalam periode tertentu menjadi faktor, yaitu sifat stokastik sistem dan lingkungan yang tidak dapat diabaikan.

Kompleksitas sistem itu sendiri bersamaan dengan ketidaktentuan. Ketidaktentuan dari semua fenomena yang rumit termasuk tujuan yang ingin dicapai, efektifitas metode yang akan digunakan untuk memperkirakan tanggapan “optimal” dari sistem.

Pola operasi tentunya membutuhkan suatu metode kebijakan yang digunakan untuk mengatur air yang keluar masuk dan dimanfaatkan pada waduk. Dalam penelitian ini akan dianalisis optimasi operasi Waduk Jatigede.

Adapun metode yang akan digunakan untuk melakukan optimasi di waduk tersebut yaitu dengan *chance constraint* dan *Linier Programming* yang dimana akan terjadi perbedaan *inflow*. Diharapkan dengan pemilihan kedua metode ini mampu menyajikan hasil yang optimal dan kemudian dapat diaplikasikan dalam sistem pengoperasian Waduk Jatigede di Sumedang.

Rumusan Masalah

Rumusan permasalahannya adalah:

1. Bagaimana model optimasi dengan *Chance Constraint* dan *Linear Programming* untuk operasi Waduk Jatigede untuk pemenuhan tujuan di atas ?
2. Apakah operasi waduk hasil

penyelesaian dengan *Chance Constraint* tersebut lebih baik daripada operasi waduk hasil penyelesaian dengan *Linear Programming*, yang dimana terjadi perbedaan *inflow* ?

Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk meminimumkan kekurangan (*shortage*) yang terjadi di Waduk Jatigede melalui Teknik optimasi yang digunakan yaitu *Chance Constraint* dan *linear Programming* yang tepat sehingga di dapat nilai yang ideal untuk semua kegunaan release (Irigasi, PDAM, PLTA, pengendalian banjir).

Tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Minimum *shortage* yang terjadi di tiga musim (kering, normal, dan basah)
2. Persentase *defisit* antara *demand* dan *release* dalam pemenuhan empat tujuan di atas di tiga musim (kering, normal, dan basah).

STUDI PUSTAKA

Waduk

Waduk menurut pengertian umum adalah tempat pada permukaan tanah yang digunakan untuk menampung air saat terjadi kelebihan air/musim penghujan sehingga air itu dapat dimanfaatkan pada musim kering. Sumber air waduk terutama berasal dari aliran permukaan ditambah dengan air hujan langsung. Manfaat waduk terdiri dari dua yaitu single (hanya satu tujuan/manfaat) dan multi (lebih dari satu tujuan/manfaat). Untuk Waduk Jatigede dibangun dengan manfaat multi, yaitu: Irigasi, Air baku, PLTA, dan Banjir.

Modernisasi Irigasi

Dari Indonesia sendiri arti modernisasi irigasi adalah: upaya mewujudkan sistem pengelolaan irigasi partisipatif yang berorientasi pada pemenuhan tingkat layanan

irigasi secara efektif, efisien dan berkelanjutan dalam rangka mendukung ketahanan pangan dan air, melalui peningkatan keandalan penyediaan air, prasarana, pengelolaan irigasi, institusi pengelola, dan sumber daya manusia.

Peraturan menteri pekerjaan umum dan perumahan rakyat RI No 30/PRT/M/2015 Tentang pengembangan dan Pengelolaan sistem irigasi. Sasaran utama Modernisasi Irigasi di Indonesia adalah :

- Peningkatan efektivitas dan efisiensi Sistem Irigasi
- Peningkatan tingkat layanan kepada petani (level of service - LOS)
- Daerah Irigasi Rentang adalah DI pertama di Indonesia yang diterapkannya Modernisasi Irigasi. Pelaksanaan pekerjaan modernisasi irigasi D I Rentang (S I Sindupraja) oleh PT Brantas Abipraya (persero) terus berlangsung. Anggaran pembangunan itu berasal dari APBN sebesar Rp 181.079.000 000 .- dari tahun 2015 - 2018 selama 3 tahun.

Kebutuhan air untuk irigasi di petak persawahan tergantung pada beberapa faktor, yaitu :

- a. Persiapan Lahan (*Land Preparation*)
- b. Perkolasi dan rembesan (*Percolation & Infiltration*)
- c. Penggantian lapisan air di petak persawahan (*Water Layer Replacement / WLR*)
- d. Curah Hujan Efektif (*Rainfall Effective / Re*)
- e. Penggunaan Konsumtif

Kebutuhan bersih air di sawah untuk padi (NFR) diperhitungkan dengan ketentuan sebagai berikut:

$$NFR = ET_c + P - Re + WLR$$

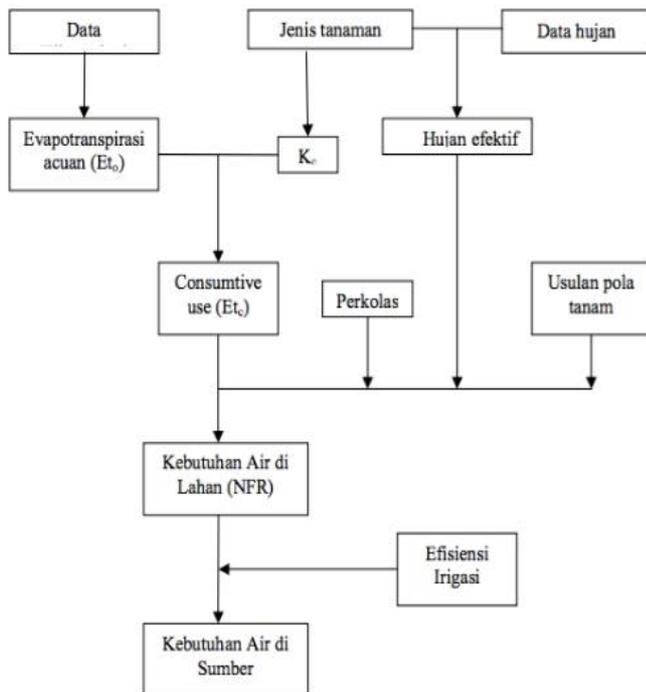
keterangan:

ET_c = Penggunaan konsumtif (mm/hari)

P = Kehilangan air akibat perkolasi (mm/hari)

Re = Curah hujan efektif (mm/hari)

WLR = Penggantian lapisan air (mm/hari).



Gambar 1 Flowchat Perhitungan kebutuhan air

PDAM

Besar jumlah air baku tergantung dari jumlah penduduk yang dilayani, dan beberapa faktor, antara lain industri, pelayanan umum, dll. Semua hal itu sudah di atur dalam peraturan Dirjen PU Cipta Karya 2007.

Perhitungan besar air baku (PDAM) berdasarkan jumlah penduduk dan proyeksi beberapa tahun kedepannya. Wilayah manfaat air baku Waduk Jatigede (3.5 m³/det) adalah : Sumedang, Majalengka, Cirebon, dan Indramayu. Jumlah penduduk dari empat wilayah tersebut pada tahun 2015 berdasarkan data BPS (Badan Pusat Statistik) sebesar 4,037,787 juta jiwa. Sumber air baku (PDAM) empat wilayah tersebut tidak hanya bersumber pada Waduk Jatigede atau Sungai Cimanuk saja, akan tetapi ada beberapa sumber air baku, dapat dilihat pada tabel dibawah. Hanya kecamatan tertentu menjadi wilayah manfaat air baku Waduk jatigede, seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 1 Kecamatan Manfaat PLTA

No	Kab/ Kota	Kec.	Sumber Air Baku	Jumlah Penduduk	
				2014	2015
1	Sumedang	Tomo	S. Cimanuk	22,887	22,956
2	Majalengka	Kadipaten	S. Cilutung	271,77	273,11
		Jatiwangi	S. Pelasah		
3	Cirebon	SumberJaya	S. Cimanuk	19,074	19,171
		Kertajati	Kawasan G. Ciremai		
		Plumbon	Mata air cibodas		
		Weru	S. Cimanuk		
		Klangenan	Bendungan Jati Luhur		
4	Indramayu	Heurgeulis	Gantar	220,37	221,87
		Kroya	Sungai Cimanuk		
		Gabuswetan			
		Cikedung			
		Terisi			
		Lelea			

Adapun kebutuhan Air Minum secara rinci adalah sebagai berikut:

1. Kebutuhan domestik.
2. Kriteria yang digunakan:
 - a. Lihat hasil survey kebutuhan prasarana.
 - b. Pemakaian air untuk SR= 120 lt/org/hr.
 - c. Pemakaian untuk HU/TA = 60 lt/org/hr (standar pelayanan minimum).
3. Kebutuhan non-domestik.
4. Kebutuhan industri dengan kriteria pemakaian air = 0,1 – 0,3 l/ha/hr.
5. Kebutuhan niaga dengan kriteria pemakaian air = 900 l/niaga/hr (niaga kecil) dan 5000 l/niaga/hr (niaga besar).
6. Kebutuhan fasilitas umum (Pendidikan, kantor pemerintahan dsb) dengan kriteria pemakaian air= 10% -15 % dari kebutuhan domestik.
7. Prediksi dilakukan 1– 20 tahun ke depan sesuai dengan Rencana Induk SPAM.

8. Kriteria pemakaian di untuk hari maksimum = 1,15 pemakaian hari rata-rata.
9. Pemakaian air untuk jam puncak = 1,5 – 1,7 pemakaian hari maksimum.
10. Kebutuhan hotel = 3 m³/kamar/hari.

PLTA

Dalam menjalankan fungsinya sebagai PLTA, waduk dikelola untuk mendapatkan kapasitas listrik yang dibutuhkan. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah suatu system pembangkit listrik yang biasanya terintegrasi dalam bendungan dengan memanfaatkan energi mekanis aliran air untuk memutar turbin yang kemudian akan diubah menjadi tenaga listrik oleh generator.

Energy = Q release x 2.72 x HGR x ht x Ef.Turbin

Energi/Daya = MWH

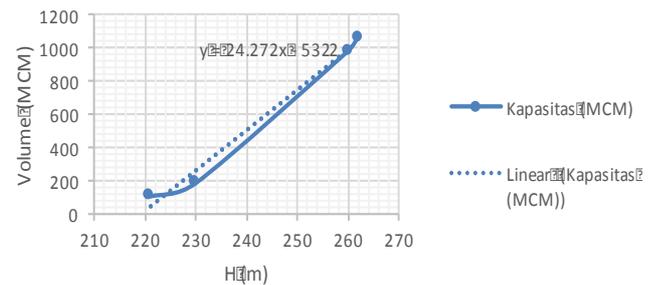
Q = Debit release (MCM)

HGR = *Proportion of time for generation (0-1)*

Ht = *head of turbin (m)*

Ef.Turbin = Efisiensi turbin (0.89)

Dalam menentukan elevasi waduk digunakan persamaan regresi berdasarkan elevasi dan kapasitas, dapat dilihat pada gambar 2:



Gambar 2 Pers. Regresi V vs H

Persamaan garis regresi di atas adalah hubungan elevasi dan volume yang berfungsi mencari ketinggian di saat volume tertentu. Persamaan regresi di atas tidak benar 100% keakuratannya ada simpang deviasi error sejauh 5-10%. Untuk mendapatkan hasil yang akurat sebaiknya menggunakan persamaan forecast.

BANJIR

Analisis periode ulang curah hujan dengan pos tiga pos stasiun hujan (STA Cikajang, STA Leles, dan STA Malongbong) dapat dilihat pada gambar IV.3, dilakukan dengan empat metode, yaitu : Normal, Log Pearson III, Log Normal dan Gumbel. Dengan uji kecocokan metode menggunakan Uji Chi Square dan Smirnovkolmogorof, maka yang digunakan adalah metode log normal, dapat dilihat pada tabel IV.7 dan IV.8. *Time return* yang digunakan adalah Tr 20 dan Tr 50 tahun, dimana periode ulang tersebut biasanya digunakan untuk periode ulang di sungai.

Tabel 2. Periode Ulang Curah Hujan

Periode Ulang T (Tahun)	Curah Hujan (mm)				Distribusi yang digunakan
	Normal	Log Normal	Gumber	Log Pearson III	Log Normal
2	287,219	287,219	277,754	293,475	287,219
5	345,890	352,122	361,122	305,363	352,843
10	376,623	393,001	416,318	411,841	393,001
20	401,768	429,234	469,264	436,531	429,234
50	430,405	474,585	537,798	523,638	474,585
100	449,962	508,281	589,154	527,907	508,281

Tabel 3. Uji Kesesuaian

Metode	Uji Kesesuaian	
	SmimovK	Chi-Square
Normal	Dapat digunakan	Tidak diterima
Log Normal	Dapat digunakan	Dapat digunakan
Gumber	Tidak diterima	Dapat digunakan
Log Pearson II	Dapat digunakan	Tidak diterima

Debit kapasitas sungai di hilir Waduk Jatigede sebesar 400 m³/det, dengan kata lain sungai di hilir Waduk Jatigede dapat menampung sebesar 400 m³/det, jadi volume banjirnya hanya dari Q_p (Debit puncak) ke 400 m³/det (jika dilihat pada gambar hidrograf), nilai debit dan volume banjir dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. Volume Banjir

TR	QP (m ³ /det)	Vol. Banjir (MCM)
20	1,684	94,9
50	1,862	105,1

METODE PENELITIAN

Metodologi dalam penelitian menggunakan Chance Constraint Non Linear Programming (CCNLP) dan Linear Programming (LP) dimana CCNLP menggunakan inflow berdasarkan distribusi normal, dan LP menggunakan inflow berdasarkan metode Weibull atau debit andalan.

Linear Programming

Optimasi dengan program linier dilakukan dengan membuat model persamaan matematis sesuai dengan fungsi tujuan, fungsi kendala dan non-negative fungsi.

Penyelesaian optimasi untuk beberapa alternatif dengan menggunakan program bantu *Solver*. Perhitungan optimasi dilakukan pada tahap ini dalam rangka

mendapatkan minimum kekurangan (shortage) karena terkait langsung dengan jumlah air yang dapat dipergunakan.

Hasil dari perhitungan optimasi digunakan untuk menganalisis evaluasi kinerja Waduk Jatigede. Berdasarkan analisis ketersediaan air dan kebutuhan air irigasi dan PDAM maka dapat diketahui neraca air sehingga dapat dilihat kondisi ketersediaan air dan kebutuhan air daerah manfaat Waduk Jatigede. Perhitungan inflow dilakukan dengan metode weibull, Untuk bulan basah probabilitas yang diambil adalah 20%, untuk musim normal 50%, dan untuk musim kering adalah 80%.

Chance Constraint

Persamaan berikut merupakan rumusan Program Nonlinier Chance-Constraint yang telah dikembangkan pada bab sebelumnya:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]$$

$$P(O_t \geq O_{target}) \geq \alpha_i$$

$$I_{t,(1-\alpha_i)} = \mu I_t + z_{\alpha_i} \cdot \sigma I_t \Rightarrow I_{t,0.1} = \mu I_t + 0.85 \cdot \sigma I_t$$

Dimana:

O_t = Outflow selama periode waktu ke t

O_{target} = Outflow yang harus dicapai untuk memenuhi kebutuhan

I_t = Inflow selama periode waktu ke t

μ = Inflow mean

z_{α_i} = nilai yang dibaca dari tabel standart normal dengan probabilitas yang diinginkan

σ = standart deviasi

b_t = Parameter keputusan (S_{t+1})

Berikut ini adalah contoh perhitungan dengan model chance-constraint pada waduk Saguling untuk inflow bulan januari bulan basah untuk inflow dengan probabilitas 80 %, maka dapat diketahui dengan langkah berikut:

Inflow rata-rata (μ) bulan januari jenis tahun basah = 120.8
Standar Deviasi (σ) bulan januari tahun basah = 47.34

Nilai Z dari tabel distribusi = 0.85

$$I_{t,(1-\alpha)_j} = \mu I_t + z_{\alpha_i} \cdot \sigma I_t \quad I_{t,0.9} = 120.8 + (0.85) \times 47.34 = 161.04 \text{ m}^3/\text{det}$$

dan Chance Constraint dapat dilihat pada tabel 5:

ANALISIS PENELITIAN

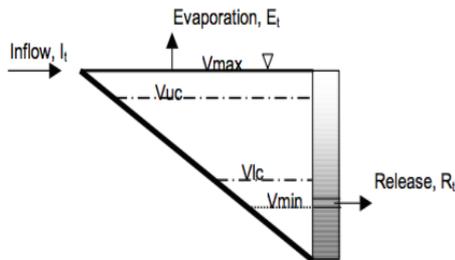
Untuk probabilitas debit *inflow* metode CC, untuk musim kering 20%, musim normal sebesar 50%, dan musim basah sebesar 80%. Perbedaan debit *inflow* Linear Programming

Tabel 5. Inflow LP dan CC

No	Bulan	Musim Kering		Musim Normal		Musim Basah	
		LP	CC	LP	CC	LP	CC
1	JAN-1	76.80	81.03	119.79	120.80	153.51	161.04
2	JAN-2	78.57	80.04	99.02	123.26	159.95	166.99
3	JAN-3	80.84	82.70	121.38	130.41	164.25	178.69
4	FEB-1	94.34	95.25	122.86	144.43	174.96	194.20
5	FEB-2	81.68	82.44	126.18	135.82	192.43	193.13
6	FEB-3	98.99	103.80	129.22	147.80	179.10	180.71
7	MAR-1	111.86	122.68	139.93	167.80	185.00	213.46
8	MAR-2	98.98	106.94	155.84	161.07	229.08	235.84
9	MAR-3	95.67	99.82	130.25	138.34	159.08	177.32
10	APR-1	74.39	89.65	140.46	144.45	184.48	199.91
11	APR-2	82.35	84.15	126.28	142.54	145.86	201.63
12	APR-3	55.32	58.17	93.91	104.31	115.83	151.00
13	MEI-1	45.23	49.82	67.10	80.65	115.20	120.84
14	MEI-2	35.80	39.72	55.89	93.54	105.95	148.00
15	MEI-3	18.86	20.71	42.37	62.45	104.94	110.68
16	JUN-1	17.16	19.21	41.61	53.38	72.91	87.96
17	JUN-2	15.52	18.29	23.43	60.75	71.19	103.71
18	JUN-3	11.06	22.48	20.23	49.94	68.13	72.68
19	JUL-1	10.90	16.77	20.35	47.45	37.00	78.49
20	JUL-2	10.04	14.99	19.41	37.99	40.72	61.27
21	JUL-3	8.85	16.49	14.37	19.40	32.49	55.72
22	AGS-1	8.27	11.49	12.25	25.45	32.42	39.57
23	AGS-2	8.24	9.36	12.13	20.20	26.07	31.17
24	AGS-3	7.51	9.82	10.83	15.70	30.51	41.52
25	SEP-1	6.76	11.83	10.44	24.37	24.37	61.01
26	SEP-2	6.88	23.84	9.28	32.10	23.96	81.87
27	SEP-3	6.10	20.11	10.35	25.66	22.52	69.40
28	OKT-1	6.21	9.37	11.31	16.65	37.94	42.98
29	OKT-2	7.77	11.71	16.68	30.64	56.92	73.50
30	OKT-3	11.41	13.71	27.03	41.67	46.86	69.96
31	NOP-1	17.46	17.52	36.17	37.73	124.81	128.80
32	NOP-2	19.52	23.63	66.47	68.93	105.04	114.78
33	NOP-3	33.70	36.39	94.06	100.60	127.84	165.58
34	DEC-1	49.44	54.29	107.56	133.56	153.67	213.77
35	DEC-2	50.77	53.85	94.29	102.18	134.85	151.09
36	DEC-3	59.12	68.55	95.87	135.40	143.84	203.05

Optimasi

Formulasi Fungsi Kendala dengan *Chance Constraint* dan *linear Programming* pada masing masing kondisi *inflow* (Bulan basah, kering, dan normal).



Gambar 3. Skema Tampungan

V_{uc} = *Upper Critical Volume* (this can vary with time) , 1009.6 MCM (95% dari V Maksimal)

V_{lc} = *Lower Critical Volume* (this can vary with time) , 260 MCM

V_{min} = *Minimum Reservoir Volume* (Dead Storage) , 183.4 MCM

V_{max} = *Maximum Reservoir Volume* , 1062.78 MCM

V_{efek} = Volume efektif , 876.9 MCM

Kondisi Inflow Kering *Linear Programming* 80% (Debit Andalan)

Objective Function : Min (Max SHT)

SHT = Shortage

Constraint to :

- $V_t \leq V_{max}$ (1062.78 MCM)
- $V_t \geq V_{\min}$ (183.4 MCM)
- $V_t \text{ akhir} \leq 1.2 V \text{ awal}$
- $V_t \text{ akhir} \geq 0.95 V \text{ awal}$
- $V \text{ release} \leq V \text{ demand}$
- $V \text{ release} \geq 3.024 \text{ MCM}$
- $V \text{ awal} = V \text{ efektif}$ (876.9 MCM)
- $E = Q \text{ release} \cdot 2.72 \cdot \text{HGR} \cdot H_t$ (head net) . Efesin Turbin

Kondisi Inflow Normal *Linear Programming* 50% (Debit Andalan)

Objective Function : Min (Max SHT)

SHT = Shortage

Constraint to :

- $V_t \leq V_{max}$ (1062.78 MCM)
- $V_t \geq V_{\min}$ (183.4 MCM)

- $V_t \text{ akhir} \leq 1.2 V \text{ awal}$
- $V_t \text{ akhir} \geq 0.95 V \text{ awal}$
- $V \text{ release} \leq V \text{ demand}$
- $V \text{ release} \geq 3.024 \text{ MCM}$
- $V \text{ awal} = V \text{ efektif}$ (876.9 MCM)
- $E = Q \text{ release} \cdot 2.72 \cdot \text{HGR} \cdot H_t$ (head net) . Efesin Turbin

Kondisi Inflow Basah *Linear Programming* 20% (Debit Andalan)

Objective Function : Min (Max SHT)

SHT = Shortage

Constraint to :

- $V_t \leq V_{upper}$ (1009.6 MCM)
- $V_t \geq V_{\min}$ (183.4 MCM)
- $V_t \text{ akhir} \leq 1.2 V \text{ awal}$
- $V_t \text{ akhir} \geq 0.95 V \text{ awal}$
- $V \text{ release} \leq V \text{ demand}$
- $V \text{ release} \geq 3.024 \text{ MCM}$
- $V \text{ awal} = V \text{ efektif}$ (876.9 MCM)
- $E = Q \text{ release} \cdot 2.72 \cdot \text{HGR} \cdot H_t$ (head net) . Efesin Turbin

Kondisi Inflow Kering *Chance Constraint* 20% (Debit Normal)

Objective Function : Min (Max SHT)

SHT = Shortage

Constraint to :

- $V_t \leq V_{upper}$ (1062.78 MCM)
- $V_t \geq V_{\min}$ (183.4 MCM)
- $V_t \text{ akhir} \leq 1.2 V \text{ awal}$
- $V_t \text{ akhir} \geq 0.95 V \text{ awal}$
- $V \text{ release} \leq V \text{ demand}$
- $V \text{ release} \geq 3.024 \text{ MCM}$
- $V \text{ awal} = V \text{ efektif}$ (876.9 MCM)
- $E = Q \text{ release} \cdot 2.72 \cdot \text{HGR} \cdot H_t$ (head net) . Efesin Turbin

Kondisi Inflow Normal *Chance Constraint* 50% (Debit Normal)

Objective Function : Min (Max SHT)

SHT = Shortage

Constraint to :

- $V_t \leq V_{upper}$ (1062.78 MCM)
- $V_t \geq V_{\min}$ (183.4 MCM)
- $V_t \text{ akhir} \leq 1.2 V \text{ awal}$
- $V_t \text{ akhir} \geq 0.95 V \text{ awal}$
- $V \text{ release} \leq V \text{ demand}$
- $V \text{ release} \geq 3.024 \text{ MCM}$

- $V_{awal} = V_{efektif}$ (876.9 MCM)
- $E = Q_{release} \cdot 2.72 \cdot HGR \cdot H_t$ (head net) . Efesin Turbin

Kondisi Inflow Basah *Chance Constraint* 80% (Debit Normal)

Objective Function : Min (Max SHT)

SHT = Shortage

Constraint to :

- $V_t \leq V_{upper}$ (1009.6 MCM)
- $V_t \geq V_{min}$ (183.4 MCM)
- $V_t_{akhir} \leq 1.2 V_{awal}$
- $V_t_{akhir} \geq 0.95 V_{awal}$
- $V_{release} \leq V_{demand}$
- $V_{release} \geq 3.024$ MCM
- $V_{awal} = V_{efektif}$ (876.9 MCM)
- $E = Q_{release} \cdot 2.72 \cdot HGR \cdot H_t$ (head net) . Efesin Turbin

Hasil dari Optimasi Simulasi di atas :

Tabel 6. Hasil Optimasi

Parameter	Min Shortage (MCM)	Total Shortage (1Tahun)	Rata-rata Defisit/Tahun (%)
LP Kering	67	35	58
CC Kering	58	35	55
LP Normal	48	20	32
CC Normal	28	25	31
LP Basah	12	20	13
CC Basah	0	0	0

Penyebab banjir di Indramayu dan Majalengka dikarenakan ada empat faktor, yaitu :

1. Aliran dari hulu Sungai Cimanuk
2. Kondisi drainase yang rusak / buruk
3. Aliran anak sungai di hilir Waduk Jatigede
4. Kenaikan muka air Laut Jawa

Pada penelitian kali ini tentang salah satu tujuan Waduk Jatigede yaitu pengendalian banjir di Indramayu dan Majalengka, hanya mengkaji faktor aliran dari hulu Sungai Cimanuk, yang dimana nantinya akan ditampung Waduk Jatigede.

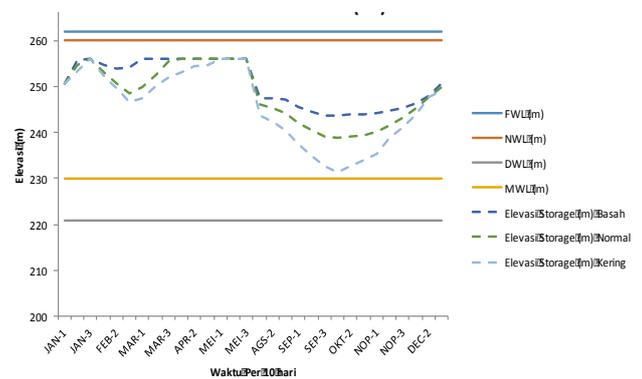
Kajian yang dibahas kali ini lebih dititik beratkan agar sungai di hilir Waduk Jatigede tidak terjadi genangan, dimana debit kapasitas sungai di hilir Waduk

Jatigede sebesar 400 m³/det. Air yang di release harus kurang 400 m³/det, agar tidak terjadi genangan di sekitaran sungai.

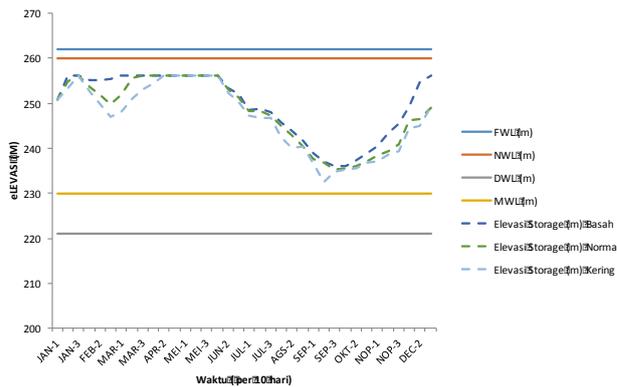
Berdasarkan data historis debit inflow selama 34 tahun di bendung rentang (hulu Waduk Jatigede), data maksimum berada di Desember 1. Sedangkan berdasarkan penelitian penentuan awal musim dan sifat hujan di Indonesia (Suci Pratiwi.2013) musim hujan di Indonesia terjadi di November 3 – Desember 2, dan dari BMKG 2016-2017 awal musim hujan khusus di Pulau Jawa terjadi sekitar November-Desember. Berdasarkan ketiga hal tersebut dapat disimpulkan bahwa musim hujan atau debit banjir datang di Desember 1.

Dengan asumsi perkiraan datang debit banjir di bulan Desember 1 dengan volume banjir untuk Tr 20 sebesar 95 MCM dan Tr 50 sebesar 105 MCM, maka di volume di waduk dijaga agar tidak terjadi *spill* yang menyebabkan genangan di sungai bagian hilir dan *release* juga demikian. Pada Desember 1 untuk model LP terdapat *space* kosong sekitar 353.2 MCM.

Desember 1 untuk model CC terdapat *space* kosong sekitar 219.9 MCM. Dengan kata lain masih terdapat cukup *space* untuk menampung banjir untuk Tr 20 dan Tr 50, dan tidak terjadi *spill*.



Gambar 4. Rule Curve LP



Gambar 5. Rule Curve CC

Tabel 7. Energi Listrik

Parameter		PLTA (MWH)/Tahun
LP	Kering	36538
CC		38986
LP	Normal	51547
CC		58279
LP	Basah	65984
CC		73132

KESIMPULAN

Besarnya jumlah air sangat di pengaruhi oleh jumlah kebutuhan air irigasi, dikarenakan luas DI Rentang yang sangat besar yaitu seluas 87767 Ha. Dari hasil persentase defisit di atas dapat dilihat, jika pada musim kering defisit air kurang lebih setengah atau 50% dari jumlah kebutuhan air yang dibutuhkan, di bulan normal defisit sekiranya 32 %.

Nilai tersebut adalah nilai persentase rata-rata per tahun, sedangkan untuk nilai persentase maksimal di musim kering bisa mencapai 95% , pada musim normal bisa mencapai 88%, dan pada musim basah mencapai 60%. Persentase-persentase yang ada adalah persentase terbesar yang terjadi pada 1-2 kali periode dari 36 kali periode.

Dalam kasus di atas disarankan pengurangan luas DI atau golongan luas tanam (penanaman tidak dilakukan secara serentak), atau pergantian jenis tanaman tertentu, seperti Bawang-bawangan, hal ini dilakukan pada musim-musim tertentu ketika air yang masuk atau inflow yang

masuk sangar kecil.

Untuk penggunaan LP dan CCNLP tergantung pada tujuan yang ingin kita capai, jika untuk *demand* atau permintaan maka lebih bagus menghitung debit dengan CCNLP, dikarenakan debit CCNLP cenderung lebih besar daripada LP, sehingga lebih memungkinkan release mencapai demand.

Sedangkan jika tujuan yang ingin kita capai adalah untuk reduksi banjir, maka lebih baik menggunakan LP, dimana nilai debit yang didapatkan cenderung lebih kecil, dan dengan kata lain ada space yang lebih besar di waduk untuk menampung volume banjir.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, Review Detail Desain Waduk Jatigede di Kabupaten Sumedang, Buku IV, Annex 2: Hidrologi, Desember (2004)
- Anonim, Kajian Hidrologi Bendungan Jatigede, Puslitbang Air, (2008)
- Asdak, Chay (2007). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Azdan, M. Donny Azdan dan Samekto, Candra R(2008). Paper Kritisnya Kondisi Bendungan di Indonesia, Seminar Indonesian National Committee on Large Dams (INACOLD) di Surabaya 2-3 Juli.
- Badan Pusat Statistik. (2014). Produksi Tanaman Pangan. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. (2015). Laporan Bulanan Data Sosial Ekonomi. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Balai Besar Wilayah Sungai Cimanuk Cisanggarung. (2009). Program Rehabilitasi Jaringan Irigasi DI. Rentang tahun 2010-2012. Cirebon
- Bricker, L. D., (1998). “*Chance-Constrained LP*”, Department of Industrial Engineering, University of Iowa, Iowa

- Dariah, Ai dan Achmad Rachman. Pengukuran Infiltrasi.
- Doni FS. (2013). Kajian Operasi Waduk Studi Kasus Waduk Jatigede. Tesis. Magister Teknik Sumber Daya Air. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Jantiara (2013) Optimasi waduk kaskade menggunakan chance constraint dan dinamik programming. Tesis. Magister Pengelolaan Sumber Daya Air. Institut Teknologi Bandung. Bandung
- Keputusan Menteri Pekerjaan Umum (2005) No. 498/KPTS/M/2005 tentang Penguatan Masyarakat Petani Pemakai Air Dalam Operasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi. Dapertement Pekerjaan Umum