

JURNAL KONSTRUKSI

Kajian Optimasi Pengoperasian Waduk Darma

Kabupaten Kuningan - Jawa Barat

Arif Kurnia Nugraha*, Dr.H Saihul Anwar.,Ir.,M.Eng.MM**

*) Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Swadaya Gunung Jati Cirebon

***) Staf Pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Swadaya Gunung Jati Cirebon

ABSTRAK

Waduk Darma merupakan salah satu waduk buatan yang berada pada daerah aliran sungai Cisanggarung bagian hulu Sejak Waduk Darma dioperasikan pada tahun 1962 sampai sekarang, kondisi persediaan air di Waduk Darma terus menyusut. Penyusutan itu diduga akibat adanya kebocoran teknis (*seepage*) terutama di Rockfill Dam dan Babakan Dam.

Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa pengoperasian Waduk Darma masih optimal karena berdasarkan hasil analisis simulasi operasi waduk menunjukkan bahwa volume air Waduk Darma masih diatas *Minimum Operating Level (MOL)*. Berdasarkan catatan Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Cimanuk-Cisanggarung, Sejak Waduk Darma dibangun pada jaman Pemerintahan Kolonial Belanda sampai sekarang, kondisi persediaan air di Waduk Darma terus menyusut. Penyusutan itu diduga akibat proses sedimentasi (pelumpuran) yang cukup tinggi.

Kata Kunci : Simulasi, Optimasi, Operasi, Waduk.

ABSTRACT

Darma Reservoir is one of the artificial reservoirs are located in watersheds Cisanggarung upstream. Since Darma operated in 1962 until now, the condition of the water supply in Darma continues to shrink. Depreciation was allegedly due to technical leakage (seepage) especially in Babakan rockfill Dam and Dam.

Based on the results of the analysis showed that the optimal operation of Darma still because based on the analysis of reservoir operation simulation shows that the volume of water Darma still above the Minimum Operating Level (MOL). Based on the record of the Central River Region (BBWS) Cimanuk-Cisanggarung, Since Darma was built in the Dutch Colonial era to the present, the condition of the water supply in Darma continues to shrink. Depreciation was allegedly due to sedimentation (siltation) are quite high.

Keywords : Simulation, Optimization, Operations, Reservoir.

1. Pendahuluan

Waduk merupakan suatu bangunan air yang digunakan untuk menampung debit air berlebih pada saat musim basah supaya kemudian dapat dimanfaatkan pada saat debit rendah atau pada saat musim kering (Sudjarwadi, 1987). Pada umumnya waduk berfungsi sebagai tempat untuk menampung, mengeluarkan / menyalurkan air yang sebagian besar dimanfaatkan untuk mengairi lahan pertanian atau untuk beberapa kepentingan lainnya diantaranya yaitu untuk pengendalian banjir pada saat musim hujan, budi daya ikan air tawar dan juga sebagai tempat sarana rekreasi / pariwisata. Air yang terdapat di waduk sendiri bersumber dari air hujan, air tanah dan dari daerah aliran sungai (DAS) yang dialirkan melalui sungai-sungai yang bermuara ke waduk tersebut.

Waduk Darma merupakan salah satu waduk buatan yang berada pada daerah aliran sungai Cisanggarung bagian hulu. Secara administratif terletak di Kecamatan Darma Kabupaten Kuningan Propinsi Jawa Barat. Luas Waduk Darma mencapai 425 hektar dan dapat menampung air maksimum 58.978.571,106 m³ yang digunakan untuk menyuplai lahan seluas 22.060 hektar.

Sejak Waduk Darma dioperasikan pada tahun 1962 sampai sekarang, kondisi persediaan air di Waduk Darma terus menyusut. Penyusutan itu diduga akibat adanya kebocoran teknis (*seepage*) terutama di Rockfill Dam dan Babakan Dam.

Dengan adanya permasalahan-permasalahan di atas, maka penulis tertarik untuk menindaklanjuti permasalahan tersebut dan mencoba mengkaji mengenai bagaimana pola pengoperasian dari Waduk Darma tersebut sebagai bahan kajian.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Gambaran Umum Waduk

Waduk menurut pengertian umum pada dasarnya merupakan tempat pada muka lahan untuk menampung dan menabung air secukupnya pada musim basah, sehingga air itu dapat dimanfaatkan pada musim kering. Waduk sebagian besar dimanfaatkan untuk mengairi lahan pertanian atau untuk beberapa kepentingan lainnya diantaranya yaitu untuk pengendalian banjir pada saat musim hujan, budi daya ikan air tawar dan juga sebagai tempat sarana rekreasi / pariwisata.

2.2. Curah Hujan Rata-rata DAS

Beberapa cara perhitungan untuk mencari curah hujan rata-rata daerah aliran, yaitu :

a. Arithmetic Mean Method

Perhitungan curah hujan rata-rata digunakan metode rata-rata aljabar karena dengan cara ini data yang diperoleh lebih obyektif jika dibandingkan dengan cara isohyet, di mana faktor subyektif ikut menentukan. Metode Theissen akan memberikan hasil yang lebih teliti daripada cara aljabar tetapi untuk penentuan titik pengamatannya dan pemilihan ketinggian akan mempengaruhi ketelitian yang akan didapat juga seandainya untuk penentuan kembali jaringan segitiga jika terdapat kekurangan pengamatan

pada salah satu titik pengamatan (Sosrodarsono, Suyono, 1987:27).

$$\bar{R} = \frac{1}{n}(R_1 + R_2 + \dots + R_n)$$

Dimana :

\bar{R} = Curah hujan daerah (mm)

N = Jumlah titik-titik (pos) pengamatan

R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan di tiap titik pengamatan (mm)

b. Thiessen Method

Cara ini dengan memperhitungkan luas daerah yang diwakili oleh stasiun yang bersangkutan (luas daerah pengaruh), untuk digunakan sebagai faktor dalam menghitung hujan rata-rata.

Menurut Thiessen luas daerah pengaruh dari setiap stasiun dengan cara :

- Menghubungkan stasiun-stasiun dengan suatu garis sehingga membentuk poligon-poligon segitiga.
- Menarik sumbu-sumbu dari poligon-poligon segitiga.
- Perpotongan sumbu-sumbu ini akan membentuk luasan daerah pengaruh dari tiap-tiap stasiun.

Luas daerah pengaruh masing-masing stasiun dibagi dengan luas daerah aliran disebut sebagai Koefisien Thiessen masing-masing stasiun (*weighting factor*).

Hujan rata-rata di daerah aliran dirumuskan sebagai berikut :

$$R = \frac{A_1}{A} + \frac{A_2}{A} + \dots + \frac{A_n}{A}$$

$$= w_1 + R_1 + w_2 + R_2 + \dots + w_n + R_n$$

Dimana :

A = Luas daerah aliran (km²)

A_n = Luas daerah pengaruh stasiun n (km²)

W_n = Faktor pembobot daerah pengaruh stasiun n

R_n = Tinggi hujan pada stasiun n (mm)

c. Isohyet Method

Isohyet adalah garis yang menunjukkan tempat-tempat yang mempunyai tinggi hujan yang sama.

Cara ini adalah cara yang paling teliti, tetapi cukup sulit pembuatannya. Pada umumnya digunakan untuk hujan tahunan, karena terlalu banyak variasinya, sehingga isohyet akan berubah-ubah.

Hujan rata-rata di daerah aliran dirumuskan sebagai berikut :

$$R = \frac{A_{1.2}}{A} R_{1.2} + \frac{A_{2.3}}{A} R_{2.3} + \dots + \frac{A_{n.n+1}}{A} R_{n.n+1}$$

Dimana :

$A_{n.n+1}$ = Luas antara isohyet I_n dan isohiyet I_{n+1}

$R_{n.n+1}$ = Tinggi hujan rata-rata antara isohiyet I_n dan isohiyet I_{n+1}

2.3. Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi adalah jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evapotranspirasi, kehilangan air, kebutuhan air untuk tanaman dengan memperhatikan jumlah air yang diberikan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah.

Kebutuhan air sawah untuk padi ditentukan oleh faktor-faktor

berikut :

- a. penyiapan lahan
- b. penggunaan konsumtif
- c. perkolasi dan rembesan
- d. pergantian lapisan air
- e. curah hujan efektif.

Kebutuhan air di sawah dinyatakan dalam mm/hari atau lt/dt/ha. Kebutuhan air belum termasuk efisiensi di jaringan tersier dan utama. Efisiensi dihitung dalam kebutuhan pengambilan air irigasi.

2.4. Analisis Optimasi Simulasi Operasi Waduk

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

$$I - O = ds/dt \dots \dots \dots (01)$$

dengan :

I : Masukan

O : Keluaran

$ds/dt = \Delta S$ adalah perubahan tampungan atau secara rinci dapat ditampilkan sebagai berikut :

$$S_{t+1} = S_t + I_t + R_t - E_t - L_t - O_t - OS_t \dots \dots \dots (02)$$

dengan :

S_t : Tampungan waduk pada periode t

S_{t+1} : Tampungan waduk pada periode t+1

I_t : Masukan waduk pada periode t

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

E_t : Kehilangan air akibat evaporasi pada periode t

L_t : Kehilangan air akibat rembesan dan bocoran

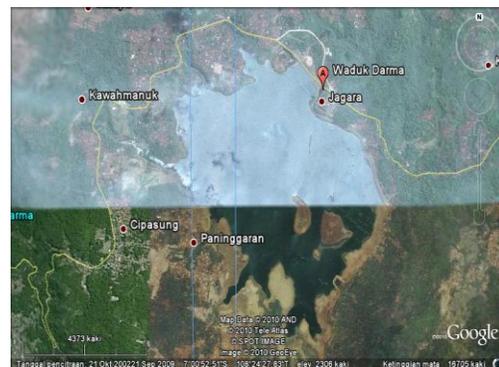
O_t : Total kebutuhan air

OS_t : Keluaran dari pelimpah

3. Kajian Kondisi Wilayah Studi

3.1. Letak Geografis Waduk Darma

Waduk Darma merupakan salah satu waduk buatan yang berada pada daerah aliran sungai Cisanggarung bagian hulu. Secara administratif terletak di Desa Jagara, Kecamatan Darma, Kabupaten Kuningan, Propinsi Jawa Barat. Sekitar 12 km barat daya dari pusat kota Kabupaten Kuningan dan 37 kilometer dari kota Cirebon. Letaknya sangat strategis dilalui jalan propinsi yang menghubungkan kota Kuningan - Ciamis - Majalengka.



Gambar 1 Peta Lokasi Waduk Darma Kabupaten Kuningan

3.2. Proses Operasi Dan Pemeliharaan Hidromekanikal Waduk Darma

Rehabilitasi mesin-mesin Waduk Darma dimulai tahun 1995 dan selesai bulan agustus 1997. Pada rehabilitasi ini telah disediakan tenaga listrik yaitu dengan tenaga diesel yaitu dengan kapasitas 30 kva dan juga direncanakan pembangkit mikrohidro dengan kapasitas 35 kva. Listrik ini digunakan untuk menggerakkan katup-katup dan pintu pengambilan. Semua katup diruang rumah katup (valve house) di gerakan dengan actuator listrik. Selain digerakan dengan listrik actuator tersebut juga biasa dioperasikan secara manual.

3.3. Permasalahan Pada Waduk Darma

Sejak selesainya Waduk Darma dan sejak mulai dilakukan pengisian air, bendungan (*Rockfill Dam* dan Babakan Dam) telah menunjukkan tanda-tanda kebocoran. Karena itu dikhawatirkan akan mengganggu stabilitas bendungan dan eksploitasi air, maka :

- Tanggal 24 Maret – 5 April 1965, Biro Bendungan Jawatan Pengairan Bendungan menyelidiki bocoran Dam Babakan. Bocoran terjadi karena tanah dasar bendungan terdiri dari tanah lembek.
- Tanggal 17 – 31 Desember 1967, penyelidikan mengenai geologi tanah oleh LPMA dengan bantuan Pusat Reaktor Atom di bagian Dam Rockfill dalam keadaan waduk kosong.
- Tanggal 25 – 31 Desember 1967, test pertama dilakukan pada ketinggian air

+703,16 m dpl untuk mendapatkan gambaran umum mengenai

- keadaan bocoran dan bocoran berkisar 500 - 600 lt/dt.
- Tanggal 27 Juli – 1 Agustus 1968, test kedua dilakukan pada ketinggian air +713,06 m dpl yakni ketika air penuh untuk mendapatkan data-data bocoran yang lebih mendetail dan bocoran berkisar antara 670 - 720 lt/dt.

Hasil percobaan 1 dan 2 menunjukkan bahwa bocoran 75 % melalui bendungan dan 25 % melalui bawah badan bendungan.

Bulan / Tahun	Elevasi	Bocoran		Saat Air
		Rockfill	Babakan	
Sebelum diperbaiki				
Juli 1968	+ 712,78	618 lt/dt	35 lt/dt	Naik
Agustus 1969	+ 713,04	638 lt/dt	35 lt/dt	Turun
Sesudah diperbaiki				
Januari 1971	+ 712,77	618 lt/dt	35 lt/dt	Naik
Januari 1971	+ 713,06	638 lt/dt	35 lt/dt	Naik
Elevasi yang tertinggi				
Februari 1971	+ 713,14	97 lt/dt	40 lt/dt	Naik

Tabel 1 Banyaknya Bocoran Waduk Darma

Sumber : Balai PSDA Wilayah Sungai Cimanuk-Cisanggarung

4. Analisis Dan Pembahasan

4.1. Analisis Hidrologi

➤ Curah Hujan Efektif Waduk Darma

Data curah hujan efektif yang digunakan dalam analisis ditunjukkan seperti pada table 4.2.

Tabel 2 Koefisien Curah Hujan Efektif ½ Bulanan

Hujan ½ Bulanan (mm)	% Efektif
0 – 15	0
15 – 50	70
50 – 75	60
75 – 100	45
100 – 250	40
> 250	-

Sumber : Direktorat Jendral Pengairan. Dept. PU ” A Review of The Feasibility of Jatigede Dam Project ” Okt 1983.

4.2. Analisis Inflow Menggunakan Metode Hidrograf Sintetis Nakayasu

Analisis hidrograf sintetis nakayasu diuraikan sebagai berikut :

Luas DTA (A) = 24,044 km² (hasil dari peta DAS)

Panjang Sungai = 8,9 km (hasil dari peta DAS)

Tabel 3 Hidrograf Nakayasu

Luas DTA (A) = 24,04 km² (hasil dari peta DAS)

Panjang sungai (L) = 8,9 km (hasil dari peta DAS)

Parameter	Satuan	Nilai
$t_g = 0,4 + 0,058 \cdot L$	jam	0,916
$a = 0,47 + (A \cdot L)^{0,25} / t_g$		4,645
$t_r = (0,5 - 1 t_g)$	jam	0,596
$T_p = t_g + 0,8 t_r$	jam	1,393
$T_{0,3} = a \cdot t_g$	jam	4,255
$0,5 \times T_{0,3}$	jam	2,128
$1,5 \times T_{0,3}$	jam	6,383
$2,0 \times T_{0,3}$	jam	8,511
$T_p \times T_{0,3}$	jam	5,926
$T_p + T_{0,3} + 1,5 \times T_{0,3}$	jam	12,031
$Qp = \frac{1}{3,6} \cdot A \cdot x \cdot \frac{R_0}{(0,3T_p + T_{0,3})}$	m ³ /det	1,429

Sumber : Hasil Analisis Perhitungan

Tabel 4 Debit Puncak Hidrograf

Parameter	Satuan	Hidrograf satuan
Keterangan:		
Lengkung naik	Jam	
$Q_t = Q_p \left(\frac{t}{TP} \right)^{2.4}$	0,00	0,0000
	0,50	0,1223
	1,00	0,6455
	1,50	1,7081
	2,00	1,2036
Lengkung Turun		
$Q_{d1} = Q_p \times 0.3^{(t-Tp)/(T0.3)}$	2,50	1,0448
	3,00	0,9070
	3,50	0,7873
	4,00	0,6835
	4,50	0,5933
	5,00	0,4845
	5,50	0,4409
	6,00	0,4012
	6,50	0,3651
	7,00	0,3322
	7,50	0,3023
	8,00	0,2751
	8,50	0,2504
	9,00	0,2278
	9,50	0,2073
$Q_{d2} = Q_p \times 0.3^{(t-Tp+0.5T0.3)/(1.5T0.3)}$	10,00	0,1887
	10,50	0,1717
	11,00	0,1562
	11,50	0,1422
	12,00	0,1294
	12,50	0,1177
	13,00	0,1071
	13,50	0,0975
	14,00	0,0887
	14,50	0,0907
	15,00	0,0735
	15,50	0,0669
	16,00	0,0608
	16,50	0,0554
	17,00	0,0504
17,50	0,0458	
18,00	0,0417	
18,50	0,0380	
19,00	0,0346	
19,50	0,0314	
20,00	0,0286	
$Q_{d3} = Q_p \times 0.3^{(t-Tp+1.5T0.3)/(2T0.3)}$	20,50	0,0260
	21,00	0,0237
	21,50	0,0216
	22,00	0,0196
	22,50	0,0179
	23,00	0,0162
	23,50	0,0148
	24,00	0,0135

Sumber : Hasil Analisis Perhitungan



Gambar 2 Grafik hidrograf dari hujan efektif 1 mm

Tabel 5 Volume Ketersediaan Air (Inflow) Waduk Darma ½ Bulanan

Bulan	Periode	Volume Curah Hujan 1/2 Bulanan (M3)
JAN	I	5204660,000
	II	4879318,667
FEB	I	5264760,000
	II	3966600,000
MAR	I	4647733,333
	II	3824764,000
APR	I	3357586,667
	II	2339092,000
MEI	I	2178825,333
	II	1549336,552
JUN	I	1050548,000
	II	757260,000
JUL	I	494063,448
	II	438522,759
AGS	I	297598,621
	II	392367,143
SEP	I	648251,034
	II	556235,862
OKT	I	1214020,000
	II	1616289,333
NOP	I	2157990,667
	II	3915955,733
DES	I	3746233,333
	II	4480558,621
JUMLAH		58978571,106

Sumber : Hasil Analisis Perhitungan



Gambar 3 Grafik Volume Debit Waduk Darma

Tabel 6 Rekap Pengeluaran Air (Outflow) Waduk Darma 1/2 Bulan

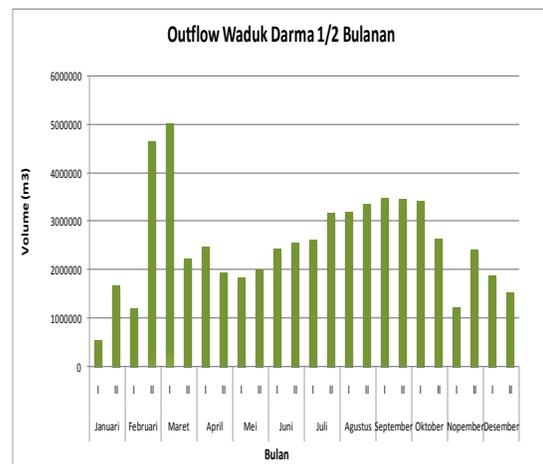
Bulan	Periode	Pengeluaran					Jumlah air yang keluar (m³/dt)
		Gorong ² (Tunnel) (m³/dt)	Rembesan		Pelimpah (Overlaat) (m³/dt)	PDAM Kuningan (m³/dt)	
			Rockfill (m³/dt)	Babakan (m³/dt)			
Januari	I	0,177	0,011	0,005	0,225	0,038	0,4556
	II	0,818	0,014	0,005	0,512	0,039	1,3879
Februari	I	0,641	0,018	0,007	0,308	0,031	1,0036
	II	3,339	0,018	0,010	0,436	0,040	3,8431
Maret	I	3,422	0,024	0,007	0,649	0,033	4,1343
	II	1,261	0,029	0,012	0,508	0,035	1,8446
April	I	1,601	0,033	0,016	0,347	0,030	2,0281
	II	0,993	0,038	0,020	0,518	0,027	1,5966
Mei	I	0,991	0,037	0,022	0,438	0,029	1,5171
	II	1,114	0,037	0,023	0,449	0,029	1,6510
Juni	I	1,547	0,035	0,021	0,352	0,057	2,0126
	II	1,756	0,031	0,020	0,270	0,029	2,1050
Juli	I	1,848	0,031	0,016	0,228	0,036	2,1591
	II	2,391	0,026	0,016	0,159	0,035	2,6267
Agustus	I	2,423	0,019	0,013	0,136	0,043	2,6342
	II	2,647	0,015	0,008	0,064	0,043	2,7766
September	I	2,669	0,013	0,007	0,155	0,045	2,8887
	II	2,640	0,010	0,004	0,164	0,045	2,8641
Oktober	I	2,101	0,009	0,005	0,681	0,042	2,8379
	II	1,238	0,008	0,004	0,882	0,043	2,1739
Nopember	I	0,954	0,007	0,004	-	0,045	1,0111
	II	1,178	0,008	0,005	0,757	0,048	1,9958
Desember	I	1,311	0,009	0,005	0,194	0,043	1,5610
	II	0,936	0,010	0,007	0,270	0,044	1,2658
Jumlah		39,9950	0,4908	0,2621	8,6999	0,9268	50,3746
Rata-rata		1,6665	0,0204	0,0109	0,3783	0,0386	2,1147
Mean		1,4205	0,0175	0,0091	0,3166	0,0379	1,8016

Sumber : Balai PSDA Wilayah Sungai Cimanuk - Cisanggarung

Tabel 7 Volume Pengeluaran Air (Outflow) Waduk Darma 1/2 Bulan

Bulan	Periode	Pengeluaran					Jumlah air yang keluar (m³)
		Gorong ² (Tunnel) (m³)	Rembesan		Pelimpah (Overlaet) (m³)	PDAM Kuningan (m³)	
			Rockfill (m³)	Babakan (m³)			
Januari	I	21366,370	13613,703	6368,886	272028,364	45807,505	551063,628
	II	989714,755	17401,069	5613,065	618806,526	47321,036	1678866,480
Februari	I	775869,792	21217,479	7953,627	372444,477	37264,262	1213369,637
	II	4038722,930	21482,733	12566,386	527048,237	48786,803	4648375,889
Maret	I	4136720,928	28737,298	8866,354	784662,581	39306,840	5000894,009
	II	1526592,864	34837,318	14487,563	614561,635	41797,032	2231276,412
April	I	1936863,630	40458,265	19845,835	419865,795	36012,529	2453236,154
	II	1201431,434	49868,446	24206,182	628542,750	33243,325	1931282,137
Mei	I	1198845,272	45194,052	26352,233	529652,404	35177,731	1835421,691
	II	1347018,026	44886,964	27306,584	542516,573	36337,973	1997065,120
Juni	I	1871305,240	42634,449	25823,113	428036,503	68519,730	2434420,035
	II	2123590,065	37920,437	23636,962	328174,854	34886,886	2546208,004
Juli	I	2235229,850	37456,707	19675,857	275776,973	43549,217	2611887,604
	II	2892038,450	31615,618	19204,449	192071,340	42346,759	3177271,317
Agustus	I	2931839,954	23257,571	15666,976	164825,572	51633,305	3186283,378
	II	3201301,100	18551,386	10032,633	76867,668	51818,518	3363851,336
September	I	3228123,017	18842,611	8100,112	187740,884	54343,262	3494149,884
	II	3193830,109	12853,140	5164,134	198936,566	54175,468	3464469,416
Oktober	I	2541924,180	10520,071	6475,856	823415,040	50342,401	3432677,348
	II	1497141,852	9288,333	4401,757	1067245,200	51600,496	2629657,438
Nopember	I	1154422,632	9060,275	4802,086	-	64387,150	1232662,154
	II	1424425,735	9300,635	6403,825	919870,400	57628,059	2414428,054
Desember	I	1585729,852	10408,268	6294,919	234121,536	51682,004	1888236,589
	II	1132213,049	11854,260	7877,891	328015,981	53117,541	1531078,722
Jumlah		48377951,886	593649,116	316996,706	10523427,711	1130713,630	60942739,050
Rata-rata		2015747,995	24735,380	13208,196	457540,335	47113,068	2558344,974
Mean		1718205,400	21178,166	11023,473	382911,661	46207,989	2179526,389

Sumber : Hasil Analisis Perhitungan



Gambar 4 Grafik Outflow Waduk Darma 1/2 Bulan

4.3. Evaporasi Waduk Darma ½ Bulanan

Dalam perhitungan laju evaporasi diperlukan data klimatologi yaitu lamanya penyinaran matahari, kecepatan angin, kelembaban udara dan lain-lain.

Tabel 8 Evaporasi Rencana ½ Bulanan Waduk Darma

Bulan	Periode	Evaporasi (mm/m ² Luas Permukaan)	Volume Evaporasi (m ³)
JAN	I	42	178500
	II	41	174250
FEB	I	64	272000
	II	64	272000
MAR	I	81	344250
	II	81	344250
APR	I	71	301750
	II	71	301750
MEI	I	56	238000
	II	56	238000
JUN	I	79	335750
	II	78	331500
JUL	I	90	382500
	II	90	382500
AGS	I	88	374000
	II	88	374000
SEP	I	85	361250
	II	84	357000
OKT	I	88	374000
	II	88	374000
NOV	I	56	238000
	II	56	238000
DES	I	48	204000
	II	47	199750

4.4. Analisis Simulasi Operasi Waduk Darma

Persamaan dasar dalam simulasi waduk yaitu persamaan dasar simulasi neraca air yang merupakan fungsi dari masuk (*inflow*), keluaran (*outflow*) dan tampungan waduk yang dapat disajikan dalam persamaan sebagai berikut :

$$S_{t-1} = S_t + Inflow - Evaporasi - Outflow$$

Dimana :

S_{t-1} : Volume waduk pada periode t-1 (m³)

S_t : Volume waduk pada periode t (m³)

Adapun kebijakan dalam operasi waduk tahunan diasumsikan sebagai berikut :

a. Pada bulan mulainya tahun hidrologi yaitu bulan oktober, volume waduk diasumsikan ½ volume efektif waduk.

$$S_t = 0,5 (S_{FSL} - S_{MOL}) + S_{MOL}$$

S_t : Volume waduk pada periode t (m³)

S_{FSL} : Volume waduk pada "full supply level" (m³)

S_{MOL} : Volume waduk pada "minimum operating level" (m³)

b. Jika *inflow* bulanan dan *outflow* bulanan menyebabkan muka air di waduk melebihi FSL maka *outflow* harus diperbesar sedemikian, sehingga muka air waduk tidak melebihi FSL. Demikian pula jika akibat *inflow* dan *outflow* bulanan menyebabkan muka air di waduk lebih rendah dari MOL maka *outflow* harus dikurangi sedemikian, sehingga muka air waduk tidak turun dibawah MOL, maka kondisi ini harus dapat dipenuhi.

$$R_i = S_{i-1} + Q_i - S_{MOL} \quad \text{Jika } S_{i-1} + Q_i - R_d < S_{MOL}$$

$$R_i = R_d \quad \text{Jika } S_{FSL} \geq S_{i-1} + Q_i - R_d \geq S_{MOL}$$

$$R_i = S_{i-1} + Q_i - S_{FSL} \quad \text{Jika } S_{i-1} + Q_i - R_d > S_{FSL}$$

Dimana :

R_i = outflow bulan yang nyata pada bulan i (m³)

S_{i-1} = Volume waduk pada bulan i - 1 (m³)

Q_i = *inflow* bulanan pada bulan i (m³)

R_d = outflow bulanan yang sesuai dengan kebutuhan (m^3)

➤ Perhitungan Operasi Waduk

Diketahui :

$$S_{FSL} = 58.978.571,106 \text{ m}^3 \text{ dengan } Elv_{FSL} = + 712,68 \text{ m}^3$$

$$S_{MOL} = 7.390.000 \text{ m}^3 \text{ dengan } Elv_{MOL} = + 702,620 \text{ m}^3$$

$$S_t = 0,5 (S_{FSL} - S_{MOL}) + S_{MOL}$$

$$= (0,5 (58.978.571,106 - 7.390.000)) + 7.390.000$$

$$= 29.492.980,553 \text{ m}^3$$

Untuk perhitungan S_{t-1} disajikan pada tabel berikut ini :

$$S_{t-1} = S_t + Inflow - Evaporasi - Outflow$$

Cek terhadap Elv_{FSL} dan Elv_{MOL} jika hasilnya “ok” lanjutkan jika “tidak ok” maka outflow harus disesuaikan.

Tabel 9 Simulasi Operasi Waduk Darma

Bulan	Periode	S_t	Inflow	Evaporasi	Outflow	S_{t-1}	Keterangan
JAN	I	23795000,00	5204660,000	178600	729663,628	28091296,372	
	II	28091596,37	4879318,667	174250	1853106,480	30943558,558	
FEB	I	30943558,56	5264760,000	272000	1485939,637	34450378,921	
	II	34450378,92	3966600,000	272000	4928575,889	33224403,032	
MAR	I	33224403,03	4647733,333	344250	5345144,009	32182742,366	
	II	32182742,36	3824764,000	344250	2575526,412	33087729,944	
APR	I	33087729,94	3357586,667	301750	2754386,154	33388980,457	
	II	33388980,46	2339192,000	301750	2233042,137	33192880,320	
MEI	I	33192880,32	2178826,333	238000	2073121,692	33060983,961	
	II	33060983,96	1549336,667	238000	2235065,120	32136865,393	
JUN	I	32136865,39	1050548,000	335750	2770170,036	30081483,358	
	II	30081483,36	757260,000	331500	2877708,004	27629536,354	
JUL	I	27629536,35	494063,448	382500	2994187,604	24746911,199	
	II	24746911,20	438622,759	382500	3599777,317	21243166,640	
AGS	I	21243166,64	297598,621	374000	3560283,378	17606471,882	
	II	17606471,88	382367,143	374000	3732571,336	13892267,689	
SEP	I	13892267,69	648251,034	361250	3855399,884	10323868,839	
	II	10323868,84	556236,862	357000	3821469,416	6701645,285	
OKT	I	6701645,28	1214020,000	374000	3806677,348	3734987,936	
	II	3734987,94	1616289,333	374000	3003577,438	1973699,831	
NOV	I	1973699,83	2157990,667	238000	1470662,154	2423028,344	
	II	2423028,34	3915955,733	238000	2652128,654	3448855,423	
DES	I	3448855,42	3746233,333	204000	2092236,599	4898852,158	
	II	4898852,16	4480558,621	199750	1730828,722	7448832,056	

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis pada bab-bab sebelumnya, maka kajian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan catatan Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Cimanuk-Cisanggarung, Sejak Waduk Darma dibangun pada jaman Pemerintahan Kolonial Belanda sampai sekarang, kondisi persediaan air di Waduk Darma terus menyusut. Penyusutan itu diduga akibat proses sedimentasi (pelumpuran) yang cukup tinggi. proses sedimentasi yang cukup tinggi di Waduk Darma sebagian dipicu oleh penebangan pohon di areal hutan sekitar lokasi waduk.

2. Permasalahan yang terjadi pada Waduk Darma yaitu terjadinya proses sedimentasi dan adanya kebocoran teknis (*seepage*) terutama di *Rockfill Dam* dan *Saddle Dam*. Besar kecilnya debit kebocoran sangat berkaitan erat dengan elevasi muka air waduk.

3. Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa pengoperasian Waduk Darma masih optimal karena berdasarkan hasil analisis simulasi operasi waduk menunjukkan bahwa volume air Waduk Darma masih diatas *Minimum Operating Level (MOL)*.

4. Pada saat-saat dimana air tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan air tanaman dengan pengaliran menerus, maka pemberian air tanaman dilakukan secara bergilir.

DAFTAR PUSTAKA

Linsley, R.K dan Joseph B. Franzini, 1984.

Teknik Sumber Daya Air. Diterjemahkan
oleh Djoko Sasongko. Erlangga : Jakarta.

Anonim,1986. Standar Perencanaan Irigasi (KP-

01). Direktorat Jendral Pengairan DPU RI.
Bandung : Galaxy Persada.

Dinas PU Pengairan, 1994. Buku Data D.I

Waduk Darma.

Supervisi Konstruksi Rehabilitasi Bendungan

Darma dan Malahayu, 1997. Pedoman

Operasi dan Pemeliharaan Hidromekanikal

Waduk Darma.

Dinas Pekerjaan Umum Prop. DT. I Jawa Barat

wilayah pengairan seksi Cirebon /

Kuningan, Nota Penjelasan Waduk Darma.

Rono Cahyadi, 2008. Studi Erosi dan Sedimen

di Daerah Aliran Sungai Bagian Hulu

dalam Menentukan Perkiraan Sisa Umur

Rencana Waduk Darma Kabupaten

Kuningan - Jawa Barat. Jurusan Teknik

Sipil Fakultas Teknik Universitas Swadaya

Gunung Jati, Cirebon.

