

JURNAL KONSTRUKSI

KAJIAN OPTIMASI PENGOPERASIAN WADUK MALAHAYU KABUPATEN BREBES – JAWA TENGAH

Ahmad Mansubun Zamanudin*, Ohan Farhan**, Saihul Anwar**

*) 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 Malahayu merupakan salah satu waduk buatan yang berada pada daerah aliran sungai Kabuyutan bagian hulu. Sejak Waduk Malahayu dioperasikan pada tahun 1940 sampai sekarang, Waduk Malahayu direncanakan dapat menampung air 69 juta m³ dengan luas muka air 9,25 km², tujuan di bangunnya waduk malahayu ini untuk menyuplai areal irigasi sebesar 12,674 Ha dengan rincian DI Kabuyutan 4.166 Ha, DI Jengkelok 6.173 Ha, DI Babakan 2.335 Ha. Kondisi persediaan air di Waduk Malahayu terus menyusut yang diduga akibat adanya sedimen yang cukup tinggi.

Untuk meningkatkan kinerja Waduk Malahayu, diperlukan data pendukung berupa: system dan kinerja operasional waduk, data hidrologi, prosedur dan pembuatan pola pengoperasian waduk, dan data irigasi.

Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa pengoperasian Waduk Malahayu kurang optimal karena berdasarkan hasil analisis simulasi operasi waduk menunjukkan bahwa volume air Waduk Malahayu dibawah volume normal. *Minimum Operating Level (MOL)*. Berdasarkan catatan Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Cimanuk-Cisanggarung, Sejak Waduk Malahayu dibangun pada jaman Pemerintahan Kolonial Belanda sampai sekarang, kondisi persediaan air di Waduk Malahayu terus menyusut.

Kata Kunci : Simulasi, Optimasi, Operasi, dan Waduk.

ABSTRACT

Malahayu reservoir is one of the artificial reservoirs that located in the watershed Kabuyutan upstream. Since Malahayu reservoir operated in 1940 until now, Malahayu reservoir is planned can collect water 69 million m³ with 9,25 km² area of water surface. The purpose of built Malahayu reservoir is to supply irrigation area of 12.674 Ha with detail of Kabuyutan irrigation area 4.166 Ha, Jengkelok 6.173 Ha, and Babakan 2335 Ha. The condition of water supply in Malahayu reservoir continues to shrink. The depreciation was allegedly due to the quite high sediment.

In the case to be achieved against Malahayu reservoir, it was required the data as support such as: reservoir systems and operational performance, hydrological data collection, procedure and pattern making operation of reservoir, irrigation performance data collection and preparation of reservoir operation pattern.

Based on the results of the analysis showed that the operation of Malahayu reservoir was less optimal because the simulation analysis reservoir operation shows that water volume of Malahayu reservoir was under normal volume. Minimum Operating Level (MOL). Based on the notes of Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Cimanuk-Cisanggarung, since Malahayu Reservoir was built in the Dutch Colonial era to the present, the condition of water supply in the Malahayu reservoir continues to shrink.

Keywords : Simulation, Optimization, Operations, and Reservoir.

A. LATAR BELAKANG

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 Malahayu merupakan salah satu waduk buatan yang berada pada daerah aliran sungai Kabuyutan bagian hulu. Secara administratif terletak di Desa Malahayu, Kecamatan Banjarharjo, Kabupaten Brebes Provinsi Jawa Tengah.

Volume Waduk Malahayu awalnya 69,00 juta m³, sekarang menjadi 39,00 juta m³, akibat sedimentasi. Saat ini muka air waduk 2,50 meter dibawah spilway. Daerah irigasi yang dilayani Waduk Malahayu seluas 12,674 ha, yang terdiri dari : (a) Daerah Irigasi Kabuyutan (4,166 ha), (b) Daerah Irigasi Jengkolak (6,173 ha) dan (c) Daerah Irigasi Babakan (2,335 ha). Panjang saluran adalah 35,674 km yang terdiri dari Saluran Induk (SI) Babakan 9,126 km, Saluran Induk Jengkelok 4,308 km, Saluran Induk Kabuyutan 3,440 km dan Saluran Sekunder Tanjung 18,800 km.

Permasalahan saat ini adalah terjadinya endapan pada Waduk Malahayu dengan volume lebih kurang 30 juta meter kubik, terjadinya kerusakan –kerusakan, endapan di ketiga Saluran Induk dan Saluran Sekunder Tanjung serta terjadinya kerusakan-kerusakan di

bangunan-bangunan pembagi dan pintu-pintu bendung.

Berdasarkan pertimbangan - pertimbangan tersebut di atas, maka penulis merasa tertarik dalam hal ini dengan menulis Tugas Akhir yang mengambil judul: Kajian Optimasi Pengoperasian (Waduk Malahayu) Desa Malahayu Kecamatan Banjarharjo Kabupaten Brebes”.

B. RUMUSAN MASALAH

1. Apakah pengoperasian Waduk Malahayu yang diaplikasikan pada saat ini masih optimal?
2. Bagaimana pengoperasian Waduk malahayu agar dapat dimanfaatkan potensi ketersediaan air secara optimal untuk melayani daerah irigasi?

C. PEMBATAAN MASALAH

Pembatasan masalah pada skripsi ini meliputi :

1. Tinjauan terhadap kondisi Waduk Malahayu saat ini.
2. Melakukan kajian terhadap pola pengoperasian Waduk Malahayu.
3. Pada skripsi ini tidak melakukan tinjauan mengenai tingkat kebutuhan air untuk irigasi.
4. Mencari solusi permasalahan yang dihadapi dalam meningkatkan pengoperasian Waduk Malahayu.

D. TUJUAN

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan skripsi ini adalah :

1. Analisis Hidrologi Waduk Malahayu.
2. Analisis Kinerja Irigasi Waduk Malahayu.

A. DESKRIPSI TEORI

1. Gambaran Umum Waduk

Waduk merupakan tempat 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. Sistem dan Kinerja Operasional Waduk

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam kinerja Waduk yaitu :

- a. Kapasitas tampung Waduk
- b. Banjir rencana dan penuluruhan banjir
- c. Perkiraan air masuk
- d. Jadwal pengisian air dan prosedur pengeluaran air
- e. Petunjuk pengoperasian Waduk

3. Penyusunan Pola Operasi Waduk

Hal-hal yang diperlukan dalam penyusunan pola operasi Waduk yaitu :

- a. Masukan air ke Waduk
Air yang masuk ke Waduk diklasifikasikan dalam tiga kondisi, yaitu : masukan air ke Waduk pada kondisi tahun basah, normal dan kering. Air yang masuk ke Waduk dapat berupa aliran air yang masuk dari sungai, dari daerah sekelilingnya dan dari curah hujan yang jatuh langsung pada permukaan Waduk.
- b. Keluaran dari Waduk
Kebutuhan air ditentukan oleh fungsi dari Waduk tersebut. Untuk Waduk yang mempunyai manfaat tunggal, keluaran air Waduk dihitung hanya untuk pemenuhan suatu kebutuhan saja namun pada Waduk yang dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan, keluaran dari Waduk merupakan total dari seluruh kebutuhan seperti untuk irigasi, air baku dan perikanan. Meskipun seringkali terjadi konflik dalam pengoperasiannya namun hal

tersebut dapat dikompromikan / disusun sesuai dengan skala prioritas yang telah dituangkan dalam undang-undang pengairan untuk mendapatkan hasil yang optimal.

B. PERHITUNGAN HIDROLOGI

1. 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 Thiessen 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. Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif merupakan curah hujan yang jatuh pada suatu daerah dan dapat digunakan tanaman untuk pertumbuhannya. Curah hujan yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman untuk memenuhi kehilangan air akibat

evapotranspirasi tanaman, perkolasi dan lain-lain. di daerah studi ini cara perhitungan curah hujan menggunakan metode theissen, mengingat stasiun pengamatan menyebar tidak merata sehingga daerah pengaruh diperhitungkan, di samping itu juga relatif sederhana tetapi akurat.

Tabel 2.1. Koefisien Curah Hujan Efektif 2 Mingguan

Hujan 2 Mingguan (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.

3. Metode Hidrograf Satuan Sinitis (HSS) Nakayasu

Perhitungan debit banjir ini dimaksudkan untuk memperoleh debit rencana yang akan digunakan sebagai data dalam menentukan dimensi bangunan yang akan direncanakan. Metode ini berdasarkan pada distribusi curah hujan efektif tiap jam, maka untuk penyebaran hujan dilakukan perhitungan distribusi dan curah hujan efektif tiap jamnya, perhitungan dilakukan berdasarkan lengkung naik artinya debit yang mendekati puncak grafik, dan lengkung turun yang artinya debit yang secara perlahan atau dengan cepat meninggalkan debit puncak grafik hidrograf, dari hasil tersebut maka didapat berupa grafik hidrograf.

Nakayasu dari Jepang telah membuat rumus hidrograf satuan sinitik dari hasil penyelidikannya. Dalam rumusnya sbb :

$$Qp = \frac{1}{3.6} \cdot xAx \frac{R_0}{(0,3Tp + T_{0,3})}$$

Dimana :

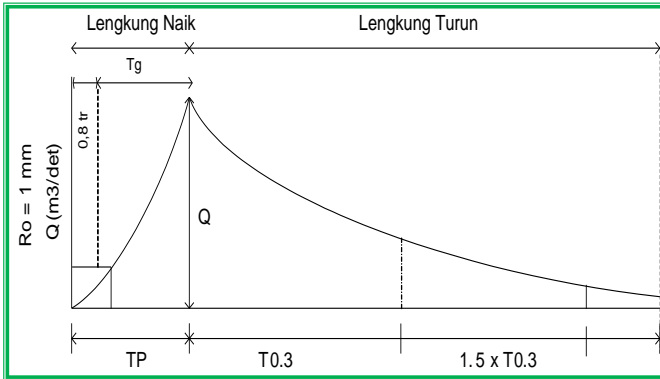
$$Tp = tg + 0.8 tr$$

$$t_g = 0.21 L^{0.7} \dots\dots\dots L > 15 \text{ km}$$

$$t_g = 0.4 + 0.058 L \dots L < 15 \text{ km}$$

$$T_{0.3} = \alpha \cdot t_g$$

$$T\alpha = 0,47 \cdot (A.L)^{0,25} / t_g$$



Gambar 2.1. Lengkung Naik dan Turun HSS Nakayatsu

Dimana :

$$Q_p = \text{Debit puncak banjir (m}^3/\text{s)}$$

$$C = \text{Coefisien limpasan (0.75)}$$

$$R_o = \text{Hujan satuan (1 mm)}$$

$$T_p = \text{Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)}$$

$$T_g = \text{Waktu konsentrasi (jam)}$$

$$T_r = \text{Tenggang waktu hidrograf}$$

$$(0.5 - 1 t_g)$$

Untuk bagian lengkung naik hidrograf satuan memiliki rumus :

$$Q_a = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2.4}$$

Dan untuk bagian lengkung turun hidrograf satuan :

$$Q_{d1} = Q_p \cdot 0.3 \frac{t - T_p}{T_{0.3}}$$

$$Q_{d2} = Q_p \cdot 0.3 \frac{t - T_p + 0.5T_{0.3}}{1.5T_{0.3}}$$

$$Q_{d3} = Q_p \cdot 0.3 \frac{t - T_p + 1.5T_{0.3}}{2T_{0.3}}$$

Dimana :

Q_a = Limpasan sebelum mencapai debit puncak (m^3/s)

Q_d = Limpasan setelah melewati debit puncak (m^3/s)

t = Waktu (jam)

4. Debit Andalan

Debit andalan merupakan debit minimum sungai untuk kemungkinan terpenuhi yang sudah ditentukan yang dapat dipakai untuk irigasi. Misalnya ditetapkan debit andalan 80% berarti akan dihadapi resiko adanya debit-debit yang lebih kecil dari debit andalan sebesar 20% pengamatan. Debit minimum sungai dianalisis atas dasar data debit harian sungai. Agar analisisnya cukup tepat dan andal, catatan data yang diperlukan harus meliputi jangka waktu paling sedikit 10 tahun. Jika persyaratan ini tidak bisa dipenuhi, maka metode hidrologi analitis dan empiris bisa dipakai. Dalam menghitung debit andalan, kita harus mempertimbangkan air yang diperlukan dari sungai di hilir pengambilan (*SPI KP-01 :1986*).

Dari data debit inflow yang diperoleh pada studi ini, maka diketahui pengisian Waduk berlangsung tiap bulannya selama setahun. Data ini nantinya akan dipakai dalam perhitungan debit yang masuk ke Waduk.

C. 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.

1. Pola Tata Tanam dan Sistem Golongan

a. Pola Tanam

Untuk memenuhi kebutuhan air bagi tanaman, penentuan pola tanam merupakan hal yang perlu dipertimbangkan.

Tabel dibawah ini merupakan contoh pola tanam yang dapat dipakai.

Ketersediaan Air Untuk Jaringan Irigasi	Pola Tanam Dalam Satu Tahun
Tersedia air cukup banyak	Padi – Padi - Palawija
Tersedia air dalam jumlah cukup	Padi – Padi - Bera Padi – Palawija - Palawija
Daerah yang cenderung kekurangan air	Padi – Palawija - Bera Palawija – Padi - Bera

Tabel 2.2. Pola Tata Tanam

b. Sistem golongan

Untuk memperoleh tanaman dengan pertumbuhan yang optimal guna mencapai produktifitas yang tinggi, maka penanaman harus memperhatikan pembagian air secara merata ke semua petak tersier dalam jaringan irigasi. Sumber air tidak selalu dapat menyediakan air irigasi yang dibutuhkan, sehingga harus dibuat rencana pembagian air yang baik, agar air yang tersedia dapat digunakan secara merata dan seadil-adilnya. Kebutuhan air yang tertinggi untuk suatu petak tersier adalah Q_{max} , yang didapat sewaktu mereneanakan seluruh sistim irigasi. Besarnya debit Q yang tersedia tidak tetap, bergantung pada sumber dan luas tanaman yang harus diairi. Pada saat-saat dimana air tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan air tanaman dengan pengaliran menerus, maka pemberian air tanaman dilakukan secara bergilir. Dalam

musim kemarau dimana keadaan air mengalami kritis, maka pemberian air tanaman akan diberikan/diprioritaskan kepada tanaman yang telah direncanakan. Dalam sistem pemberian air secara bergilir ini, permulaan tanam tidak serentak, tetapi bergiliran menurut jadwal yang ditentukan, dengan maksud penggunaan air lebih efisien. Sawah dibagi menjadi golongan-golongan dan saat permulaan pekerjaan sawah bergiliran menurut golongan masing-masing.

Keuntungan-keuntungan yang dapat diperoleh dari sistem giliran adalah :

- Berkurangnya kebutuhan pengambilan puncak
- Kebutuhan pengambilan bertambah secara berangsur-angsur pada awal waktu pemberian air irigasi (pada periode persiapan lahan).

Sedangkan hal-hal yang tidak menguntungkan adalah :

- Timbulnya komplikasi sosial
- Eksploitasi lebih rumit
- Kehilangan air akibat eksploitasi sedikit lebih tinggi
- Jangka waktu irigasi untuk tanaman pertama lebih lama, akibatnya lebih sedikit waktu tersedia untuk tanaman kedua
- Daur/siklus gangguan serangga, pemakaian insektisida

2. Neraca Air

Dalam perhitungan neraca air, kebutuhan pengambilan yang dihasilkan untuk pola tanam yang dipakai akan dibandingkan dengan debit andalan untuk tiap setengah bulan dan luas daerah yang bisa diairi. Apabila debit sungai melimpah, maka luas daerah proyek irigasi ialah tetap karena luas maksimum daerah layanan direncanakan sesuai dengan pola tanam yang dipakai. Bila debit sungai tidak berlimpah dan kadang-kadang terjadi kekurangan debit, maka ada tiga pilihan yang bisa dipertimbangkan (*SPI KP-01*).

- a. Luas daerah irigasi dikurangi bagian-bagian tertentu dari daerah yang bisa diairi (luas maksimum daerah layanan) tidak akan diairi.

- b. Melakukan modifikasi dalam pola tanam Dapat diadakan perubahan dalam pemilihan tanaman atau tanggal tanam untuk mengurangi kebutuhan air irigasi di sawah (l/tdt/ha) agar ada kemungkinan untuk mengairi areal yang lebih luas dengan debit yang tersedia.
- c. Rotasi teknis/golongan untuk mengurangi kebutuhan puncak air irigasi. Rotasi teknis atau golongan mengakibatkan eksploitasi yang lebih kompleks dan dianjurkan hanya untuk proyek irigasi yang luasnya sekitar 10.000 ha atau lebih.

D. ANALISIS OPTIMASI SIMULASI OPERASI WADUK

1. Persamaan Dasar dalam Simulasi 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

2. Prosedur Penyusunan/Pembuatan Pola Operasi Waduk

- a. Tentukan/hitung besarnya *inflow* (hasil observasi/sintetis) yang akan masuk ke Waduk.
- b. Tentukan hubungan antara elevasi-luas dan volume dari suatu Waduk yang senantiasa diperbaharui karena adanya pendangkalan akibat sedimentasi.
- c. Tentukan kondisi fisik dari suatu Waduk (*dead storage, efektif storage, dan flood storage*).
- d. Tentukan rencana pola operasi Waduk untuk periode tahunan atau periode beberapa tahun.
- e. Tentukan besarnya *outflow* yang akan dikeluarkan dari suatu Waduk tunggal atau Waduk multiguna (hasil dari penjumlahan kebutuhan air hilir yang harus dilayani dari Waduk tersebut).
- f. Hitung besarnya volume tampungan dengan persamaan dasar neraca air $S_{t+1} = S_t + I_t + R_t - E_t - L_t - O_t - OS_t$ (dimana t adalah periode operasi). Dengan hubungan elevasi - volume tampungan, tentukan tma Waduk setiap waktu (t).
- g. Mensimulasikan tinggi muka air untuk berbagai tipe kondisi *inflow* (basah, kering, normal) dengan pola *outflow* sesuai target (hasil dari penghitungan kebutuhan air) untuk mendapatkan ambang batas TMA.

A. KONDISI UMUM WILAYAH STUDI

1. Letak Geografis Waduk Malahayu

Waduk Malahayu merupakan salah satu waduk buatan yang berada pada daerah aliran sungai Kabuyutan bagian hulu. Secara administratif terletak di Desa Malahayu, Kecamatan Banjarharjo, Kabupaten Brebes, Propinsi Jawa Tengah. Sekitar 6 km dari Banjarharjo dan 17 km dari Tanjung.



Gambar 3.1. Peta Lokasi Waduk Malahayu Kabupaten Brebes

2. Riwayat Singkat Waduk Malahayu

- Waduk Malahayu di bangun mulai tahun 1934 sampai tahun 1937 dan mulai dioperasikan untuk menampung air dari sungai Kabuyutan dan beberapa sungai kecil lainnya.
- Tahun 1974 Perbaikan aliran sungai Kabupaten dan sungai-sungai kecil oleh Prosida (Sub proyek Pemali-Comal)
- Waduk malahayu mendapat air dari sungai Kabuyutan, dan sungai Kabuyutan itu sendiri mempunyai 2 anak sungai yaitu sugai Ciomas yang mengalir dari gunung Heubeulisuk dan sungai Cigora yang berasal dari gunung Beleketepe.

3. Kondisi Fisik Waduk Malahayu

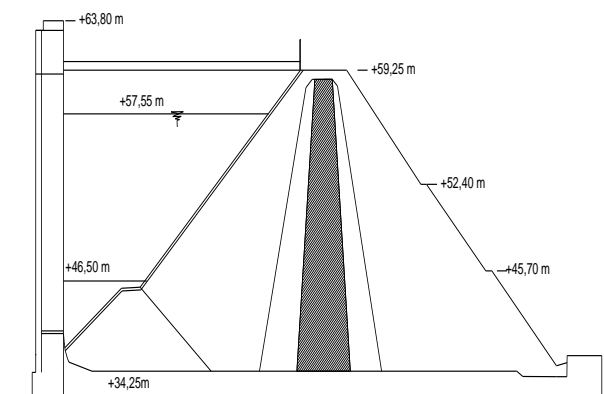
Waduk Malahayu dapat menampung air maksimum 69 juta m³ yang digunakan untuk menyuplai daerah irigasi Kabuyutan 4.166 Ha, Jengkelok 6.173 Ha serta daerah irigasi Babakan seluas 2.335Ha.

Adapun data teknis dari Waduk Malahayu yaitu sebagai berikut:

a. Data Waduk Malahayu sebelum adanya pengendapan

- Muka air tertinggi : +55,75 m (Elevasi spillway)
- Muka air elevasi : +35,00 m (elevasi ambang pintu penguras)
- Dasar Waduk : +32 m
- Volume air efektif : 68.982.000 m³
- Luas muka air : 9,25 km² (pada elevasi +55,75)

- Lokasi : Desa Malahayu, Kecamatan Banjarharjo, Kabupaten Brebes.
- Luas muka air : 6,20 km²
- Luas areal irigasi : 12,674 Ha
- Luas DAS : ± 63 km²
- Panjang Mercu Bendungan : 176 m ; elevasi 59,25 m
- Lebar atas Bendungan : 4 m
- Kapasitas debit banjir : 215 m³/det



Gambar 3.2. Sket Potongan Melintang Waduk Malahayu

4. Proses Pemenuhan Kebutuhan Air

Waduk Malahayu dibangun dengan cara membendung aliran sungai Kabuyutan dan beberapa anak sungainya seperti sugai Ciomas yang mengalir dari gunung Heubeulisuk dan sungai Cigora yang berasal dari gunung Beleketepe.

Waduk Malahayu menyuplai air irigasi seluas 12,674 Ha, adapun daerah-daerah pengairan yang mendapat suplesi dari Waduk Malahayu yaitu :

Kabupaten Brebes :

- D.I. Kabuyutan : 4.166 Ha
- D.I. Jengkolak : 6.173 Ha
- D.I. Babakan : 2.335 Ha

5. Eksploitasi Waduk Malahayu

a. Musim Hujan

Waduk Malahayu pada musim hujan tidak mengeluarkan air, tetapi pada musim hujan harus diusahakan agar Waduk bisa mencapai Volume air yang maksimal yaitu 47.000.000 m³.

Kedudukan muka air tertinggi selalu dikendalikan dan diusahakan pada peil +55,75 m.

b. Musim Kemarau

Pada musim kemarau air Waduk Malahayu dialirkan untuk kebutuhan tanaman padi, palawija dan tebu. Saat dimulainya pengeluaran air setiap tahunnya berkisar pada bulan juni dan juli, dimana keadaan air pada daerah-daerah pengaliran yang dimaksud sudah tidak mencukupi lagi untuk kebutuhan tanaman, saat pengeluaran air ini sesuai pula dengan jadwal tanaman musim kemarau pada areal jaringan irigasi Waduk Malahayu yaitu ditetapkan setiap tahunnya.

6. Data – Data Yang Diperlukan

1. Peta DAS

Peta DAS Waduk Malahayu untuk mengetahui Luas DAS waduk Malahayu yang akan digunakan dalam perhitungan hujan rerata daerah dengan metode poligon thiessen.

2. Data Curah Hujan Harian

Data curah hujan harian digunakan untuk menghitung curah hujan rerata daerah dengan metode poligon theissen. Dari hasil perhitungan poligon theissen untuk mengetahui besarnya debit inflow di Waduk Malahayu.

3. Data Kebutuhan Irigasi

Data kebutuhan irigasi digunakan untuk mengetahui besarnya debit outflow pada waduk Malahayu, daerah yang harus di suplai oleh Waduk Malahayu yaitu D.I. Kabuyutan, D.I. Jengkolak, D.I Babakan.

4. Data Debit

Data Debit yang dimaksud adalah data debit yang dikeluarkan oleh Waduk Malahayu.

5. Data Karakteristik Waduk

Data karakteristik waduk yang digunakan meliputi data tampungan aktif, data tampungan mati, luas genangan waduk, volume efektif

waduk, dan tinggi muka air waduk. Data ini digunakan dalam perhitungan optimasi waduk.

TAHAPAN PENYELESAIAN

1. Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam studi ini adalah data curah hujan, data klimatologi, data karakteristik DAS, data kebutuhan air irigasi, data evaporasi waduk dan data Karakteristik waduk.

2. Perhitungan Curah Hujan

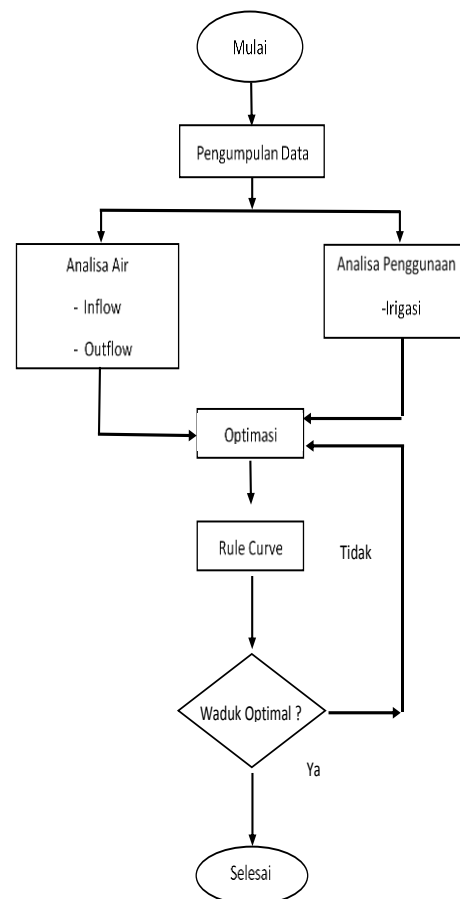
Perhitungan curah hujan pada stasiun Waduk Malahayu menggunakan metode Poligon Thiessen.

3. Analisa Debit

Perhitungan Inflow dan Outflow waduk malahayu

4. Simulasi Operasi Waduk Malahayu

Setelah analisis Evaporasi waduk, , Kebutuhan Air Irigasi dan data debit diketahui dilakukan simulasi waduk berdasarkan tampungan.



Gambar 3.1 Flow Chart Metode Penelitian

A. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

1. ANALISIS HIDROLOGI

Perhitungan Curah Hujan Efektif

➤ Curah Hujan Efektif Waduk Malahayu
 Data curah hujan efektif yang digunakan dalam analisis ditunjukkan seperti pada tabel 4.3.

Tabel 4.1. Koefisien Curah Hujan Efektif 1/2 Bulanan

Hujan 1/2 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.

Tabel 4.2. Data Curah Hujan 1/2 Bulanan Stasiun Waduk Malahayu

No	Tahun	Bulan																							
		Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	2006	307	157	303	185	208	132	298	91	76	41	46	-	19	-	-	-	-	-	-	-	32	178	103	120
2	2007	120	219	170	190	201	107	110	107	25	203	55	19	6	89	-	-	-	-	-	-	17	113	39	100
3	2008	137	117	134	159	113	225	259	188	51	65	27	21	-	-	10	20	3	1	64	60	198	153	140	367
4	2009	251	118	124	368	215	39	88	182	54	125	82	-	-	-	-	-	-	3	51	56	36	160	79	295
5	2010	242	339	210	188	145	296	105	261	180	110	148	66	38	82	32	60	133	93	103	112	127	67	167	101
6	2011	53	241	255	130	289	280	284	16	189	57	10	25	8	6	-	-	1	-	-	132	121	89	66	303
7	2012	150	205	165	72	245	143	181	15	140	105	18	-	-	-	-	-	-	-	12	49	48	114	224	206
8	2013	212	301	47	45	363	157	359	150	36	151	125	78	212	41	-	-	8	-	-	154	139	151	203	141
9	2014	100	143	96	184	300	92	149	149	72	187	27	121	23	15	28	-	-	-	-	21	97	104	228	155
10	2015	401	411	330	160	248	137	72	277	207	58	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	179	149	104	225
Rata-Rata 1/2 Bulanan		197	225	183.4	168.1	233	161	191	144	103	110	54	55	48	42	23	40	36	32	58	75	109	120	141	205
Mean		170	206	160	147	221	140	166	103	82	97	32	43	16	28	21	35	8	7	45	58	93	110	130	188

Sumber : Balai Besar Wilayah Sungai Cimanuk-Cisanggarung

Tabel 4.3. Curah Hujan Efektif Waduk Malahayu

Bulan	Periode	Rata-Rata 1/2 Bulanan (mm)	Mean (%)	% Efektif	Curah Hujan Efektif 1/2 Bulanan (mm)	
	1	2	3	4	5	6 = 4 x 5
JAN	I	197	170	40	6812	
	II	225	206	40	8258	
FEB	I	183	160	40	6415	
	II	168	147	40	5890	
MAR	I	233	221	40	8852	
	II	161	140	40	5603	
APR	I	191	166	40	6625	
	II	144	103	40	4104	
MEI	I	110	82	45	3680	
	II	110	97	60	5813	
JUN	I	54	32	70	2215	
	II	55	43	70	3001	
JUL	I	48	16	70	1131	
	II	42	28	70	1980	
AGS	I	23	21	70	1454	
	II	40	35	70	2425	
SEP	I	36	8	70	526	
	II	32	7	70	457	
OKT	I	58	45	70	3137	
	II	75	58	60	3499	
NOP	I	109	93	45	4163	
	II	120	110	45	4970	
DES	I	141	130	40	5191	
	II	205	188	40	7520	

Sumber : Hasil Analisis Perhitungan

Catatan : % Efektif Terlampir Pada Table 4.1 Koefisien Curah Hujan Efektif 1/2

2. Analisis Inflow Menggunakan Metode Hidrograf Sintetis Nakayasu

Analisis hidrograf sintetis nakayasu diuraikan sebagai berikut:

Luas DTA (A) = 27,00 km² (hasil dari peta DAS)

Panjang Sungai = 12 km² (hasil dari peta DAS)

Tabel 4.4. Hidrograf Nakayasu

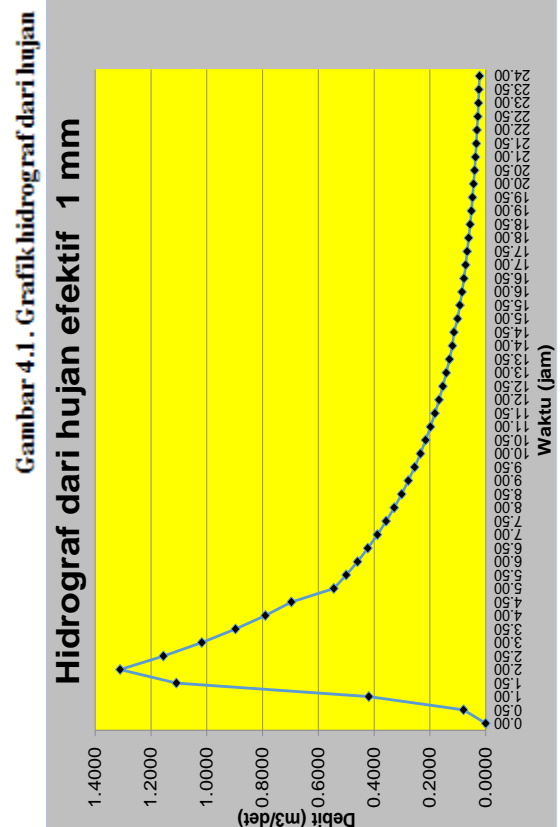
Parameter	Satuan	Nilai
$tg = 0,4 + 0,058 \cdot L$	jam	1.096
$a = 0,47 + (A.L)^{0,25} / tg$		4.341
$tr = (0,5 - 1 tg)$	jam	0.712
$Tp = tg + 0,8 tr$	jam	1.666
$T_{0,3} = a \cdot tg$	jam	4.758
$0,5 \times T_{0,3}$	jam	2.379
$1,5 \times T_{0,3}$	jam	7.137
$2,0 \times T_{0,3}$	jam	9.516
$Tp \times T_{0,3}$	jam	7.926
$Tp + T_{0,3} + 1,5 \times T_{0,3}$	jam	13.560
$Qp = \frac{1}{3.6} \cdot xAx \frac{R_0}{(0,3Tp + T_{0,3})}$	m ³ /det	1.427

Sumber : Hasil Analisis Perhitungan

Tabel 4.5. Debit Puncak Hidrograf

Parameter	Satuan	Hidrograf satuan
Keterangan: Lengkung naik		
$Q_{d1} = Qp \left(\frac{t}{Tp} \right)^{2,4}$	Jam	0.0000
	0.00	0.0794
	1.00	0.4191
	1.50	1.1090
	2.00	1.3109
	2.50	1.1551
	3.00	1.0178
	3.50	0.8968
	4.00	0.7902
	4.50	0.6963
Lengkung Turun		
$Q_{d2} = Qp \cdot 0,3^{(t-Tp)/(70,3)}$	5.00	0.5441
	5.50	0.5001
	6.00	0.4597
	6.50	0.4225
	7.00	0.3883
	7.50	0.3569
	8.00	0.3280
	8.50	0.3015
	9.00	0.2771
	9.50	0.2547
$Q_{d3} = Qp \cdot 0,3^{(t-Tp+1,570,3)/(270,3)}$	10.00	0.2341
	10.50	0.2152
	11.00	0.1977
	11.50	0.1818
	12.00	0.1670
	12.50	0.1535
	13.00	0.1411
	13.50	0.1297
	14.00	0.1192
	14.50	0.1140
15.00	0.1007	
15.50	0.0926	
16.00	0.0851	
16.50	0.0782	
17.00	0.0719	
17.50	0.0661	
18.00	0.0607	
18.50	0.0558	
19.00	0.0513	
19.50	0.0471	
20.00	0.0433	
20.50	0.0398	
21.00	0.0366	
21.50	0.0336	
22.00	0.0309	
22.50	0.0284	
23.00	0.0261	
23.50	0.0240	
24.00	0.0221	

Sumber : Hasil Analisis Perhitungan



Tabel 4.16. Volume Ketersediaan Air (Inflow) Waduk Malahayu ½ Bulanan

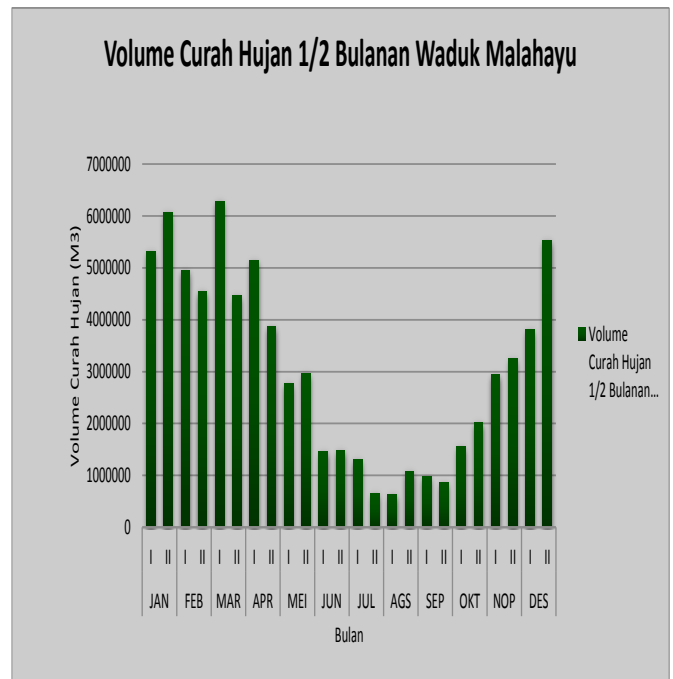
Bulan	Periode	Volume Curah Hujan												Rata -Rata m ³
		2006 m ³	2007 m ³	2008 m ³	2009 m ³	2010 m ³	2011 m ³	2012 m ³	2013 m ³	2014 m ³	2015 m ³			
JAN	I	8289000	3240000	3699000	6770000	6534000	3109725	4050000	5724000	2700000	10827000	5494973		
	II	4239000	5913000	3159000	3186000	9153000	6507000	5535000	8127000	3861000	11097000	6077700		
FEB	I	8181000	4590000	3518000	3348000	5670000	8850000	4455000	1269000	2592000	8910000	4951800		
	II	4995000	5130000	4293000	5935000	5076000	5100000	1944000	1215000	4568000	4320000	4582900		
MAR	I	5616000	5427000	3051000	5805000	3915000	7803000	6615000	9801000	8100000	6960000	6282900		
	II	3564000	2889000	6075000	1053000	7992000	7568000	4887000	4239000	2484000	3699000	4341600		
APR	I	8046000	2970000	6993000	2376000	2835000	2850000	4050000	9693000	4023000	1944000	5143500		
	II	2457000	2889000	5076000	4914000	7047000	7668000	4050000	4023000	4023000	7479000	3877200		
MEI	I	2052000	6750000	1377000	1458000	4860000	5103000	3780000	9720000	1944000	5890000	2781000		
	II	1107000	5481000	1755000	3375000	2970000	1539000	2835000	4077000	5049000	5566000	2975400		
JUN	I	1242000	1242000	729000	2214000	3996000	270000	4050000	3375000	729000	540000	1790100		
	II	0	513000	567000	0	1782000	675000	5535000	2106000	3267000	0	1444500		
JUL	I	0	162000	0	945000	54000	1026000	0	54000	0	54000	780300		
	II	513000	594000	270000	0	864000	0	0	0	270000	2376000	456300		
AGS	I	0	0	40000	0	1620000	0	0	0	0	0	189000		
	II	0	0	81000	0	3591000	0	0	0	0	0	216000		
SEP	I	0	0	0	81000	270000	0	0	270000	0	0	391500		
	II	0	0	270000	0	2511000	0	0	0	0	0	261900		
OKT	I	0	0	1728000	1377000	3024000	1377000	3240000	0	0	0	621000		
	II	864000	459000	1620000	1512000	3024000	3564000	1323000	4158000	567000	0	1622700		
NOP	I	4806000	1053000	5346000	972000	3429000	3267000	1296000	3753000	2619000	4833000	2943000		
	II	2781000	2700000	4131000	4320000	4090000	2403000	3078000	4077000	2808000	4023000	3250800		
DES	I	3240000	3699000	9909000	7965000	2727000	4801950	5562000	3807000	4185000	6075000	3817800		
	II	61992000	52677000	67824000	63747000	89775000	67122675	65637000	81864000	61479000	82350000	5197095		
JUMLAH														

Tabel 4.17. Volume Curah Hujan Waduk Malahayu ½ Bulanan

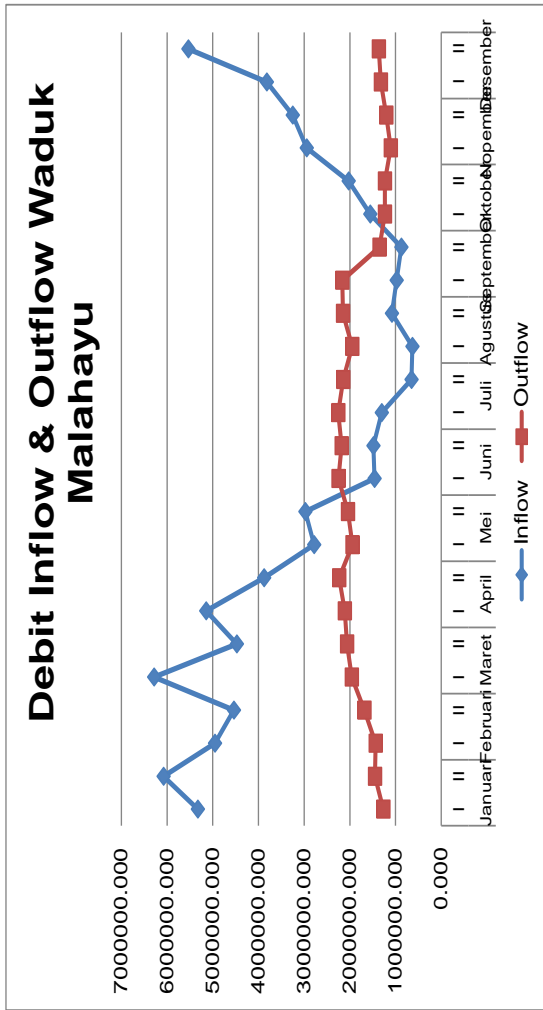
Bulan	Periode	Volume Curah Hujan 1/2 Bulanan (Ms)
JAN	I	5325750
	II	6077700
FEB	I	4951800
	II	4538700
MAR	I	6282900
	II	4476248
APR	I	5143500
	II	3877200
MEI	I	2781000
	II	2975400
JUN	I	1458000
	II	1485000
JUL	I	1300500
	II	651857
AGS	I	630000
	II	1080000
SEP	I	978750
	II	873000
OKT	I	1552500
	II	2028375
NOP	I	2943000
	II	3250800
DES	I	3817800
	II	5535000
JUMLAH		74014780

Sumber : Hasil Analisis Perhitungan

Gambar 4.2. Grafik Volume Debit Waduk Malahayu



Gambar 4.4. Grafik Inflow dan Outflow Waduk Malahayu



3. Evaporasi Waduk Malahayu ½ Bulanan

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

Tabel 4.30. Evaporasi Rencana ½ Bulanan Waduk Malahayu

Bulan	Periode	Evaporasi (mm/m ² Luas Permukaan)	Volume Evaporasi (m ³)
JAN	I	80	740000
	II	90	832500
FEB	I	107	989750
	II	132	1221000
MAR	I	159	1470750
	II	171	1581750
APR	I	171	1579401
	II	189	1748250
MEI	I	156	1443000
	II	160	1480000
JUN	I	189	1748250
	II	187	1729750
JUL	I	203	1877750
	II	188	1739000
AGS	I	171	1581750
	II	190	1757500
SEP	I	198	1831500
	II	107	990490
OKT	I	109	1005364
	II	113	1043086
NOV	I	106	982452
	II	118	1094969
DES	I	97	897250
	II	90	832500

Sumber : Hasil Analisis Perhitungan

4. ANALISIS SIMULASI OPERASI WADUK MALAHAYU

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 :

$$S_{t-1} : \text{Volume waduk pada periode } t-1 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$S_t : \text{Volume waduk pada periode } t \text{ (m}^3\text{)}$$

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.

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

$$S_t : \text{Volume waduk pada periode } t \text{ (m}^3\text{)}$$

$$S_{FSL} : \text{Volume waduk pada "full supply level" (m}^3\text{)}$$

$$S_{MOL} : \text{Volume waduk pada "minimum operating level" (m}^3\text{)}$$

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.

$$R_i = S_{i-1} + Q_i - S_{MOL}$$

Jika $S_{i-1} + Q_i - R_d < S_{MOL}$

$$R_i = R_d$$

Jika $S_{FSL} \geq S_{i-1} + Q_i - R_d \geq S_{MOL}$

$$R_i = S_{i-1} + Q_i - S_{FSL}$$

Jika $S_{i-1} + Q_i - R_d > S_{FSL}$

Dimana :

R_i = *outflow* bulan yang nyata pada bulan i (m^3)

S_{i-1} = Volume waduk pada bulan $i - 1$ (m^3)

Q_i = *inflow* bulanan pada bulan i (m^3)

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

➤ Perhitungan Operasi Waduk

Diketahui :

$$S_{FSL} = 31.000.000 \text{ m}^3 \quad \text{dengan}$$

$$Elv_{FSL} = + 57,75 \text{ m}$$

$$S_{MOL} = 535.598,33 \text{ m}^3 \quad \text{dengan}$$

$$Elv_{MOL} = + 47 \text{ m}$$

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

$$= (0,5 (31.000.000 - 535.598,33)) + 535.598,33$$

$$= 15.767.799,17 \text{ m}^3$$

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 4.31. Kebutuhan Air

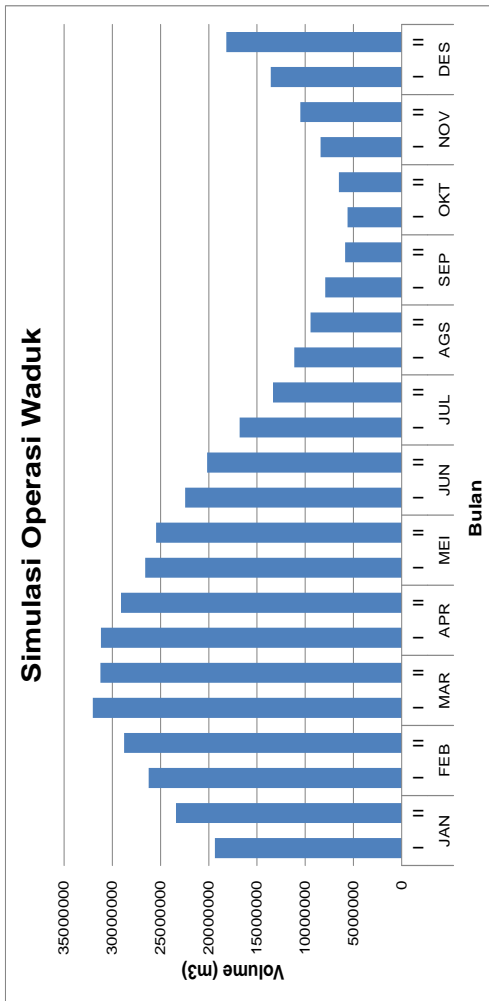
Golongan	POLA TANAM												Keterangan	
	Masa Tanam I			Masa Tanam II			Masa Tanam III			Masa Tanam IV				
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	IV	
I	Paed	5,564	-	-	5,564	-	-	-	-	-	-	-	-	5,564
	Tebu	387	5,750	4,121	387	5,750	4,121	387	5,750	4,121	387	5,750	4,121	387
II	Paed	6,505	6,305	4,676	6,505	6,305	4,676	6,505	6,305	4,676	6,505	6,305	4,676	6,505
	Tebu	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256
III	Paed	3,034	1,424	-	3,034	1,424	-	3,034	1,424	-	3,034	1,424	-	3,034
	Tebu	856	856	856	856	856	856	856	856	856	856	856	856	856
IV	Paed	4,135	1,863	3,277	4,135	1,863	3,277	4,135	1,863	3,277	4,135	1,863	3,277	4,135
	Tebu	1,006	10,848	8,211	1,006	10,848	8,211	1,006	10,848	8,211	1,006	10,848	8,211	1,006
II. BAGAN RENCANA PEMERAGAN AIR														
Sarana Kebutuhan Air (SKA)	Paed	2,462	2,464	3,758	3,758	3,758	3,758	3,758	3,758	3,758	3,758	3,758	3,758	3,758
	Tebu	2,214	4,23	2,774	2,774	2,774	2,774	2,774	2,774	2,774	2,774	2,774	2,774	2,774
Kebutuhan Air (KAS)	Paed	4,676	4,676	7,532	7,532	7,532	7,532	7,532	7,532	7,532	7,532	7,532	7,532	7,532
	Tebu	2,774	2,774	2,774	2,774	2,774	2,774	2,774	2,774	2,774	2,774	2,774	2,774	2,774
Kebutuhan Air (KAL)	Paed	3,442	3,442	5,418	5,418	5,418	5,418	5,418	5,418	5,418	5,418	5,418	5,418	5,418
	Tebu	3,757	4,077	6,038	6,038	6,038	6,038	6,038	6,038	6,038	6,038	6,038	6,038	6,038
Kebutuhan Air (KAS)	Paed	7,189	7,519	11,456	11,456	11,456	11,456	11,456	11,456	11,456	11,456	11,456	11,456	11,456
	Tebu	7,574	6,854	8,816	8,816	8,816	8,816	8,816	8,816	8,816	8,816	8,816	8,816	8,816
Kebutuhan Lain-lain	Paed	4,056	4,288	6,590	6,590	6,590	6,590	6,590	6,590	6,590	6,590	6,590	6,590	6,590
	Tebu	4,056	4,288	6,590	6,590	6,590	6,590	6,590	6,590	6,590	6,590	6,590	6,590	6,590
Jumlah Kebutuhan (KAS)	Paed	11,245	11,807	18,046	18,046	18,046	18,046	18,046	18,046	18,046	18,046	18,046	18,046	18,046
	Tebu	11,630	11,142	15,406	15,406	15,406	15,406	15,406	15,406	15,406	15,406	15,406	15,406	15,406

Tabel 4.32. Simulasi Operasi Waduk Malahayu

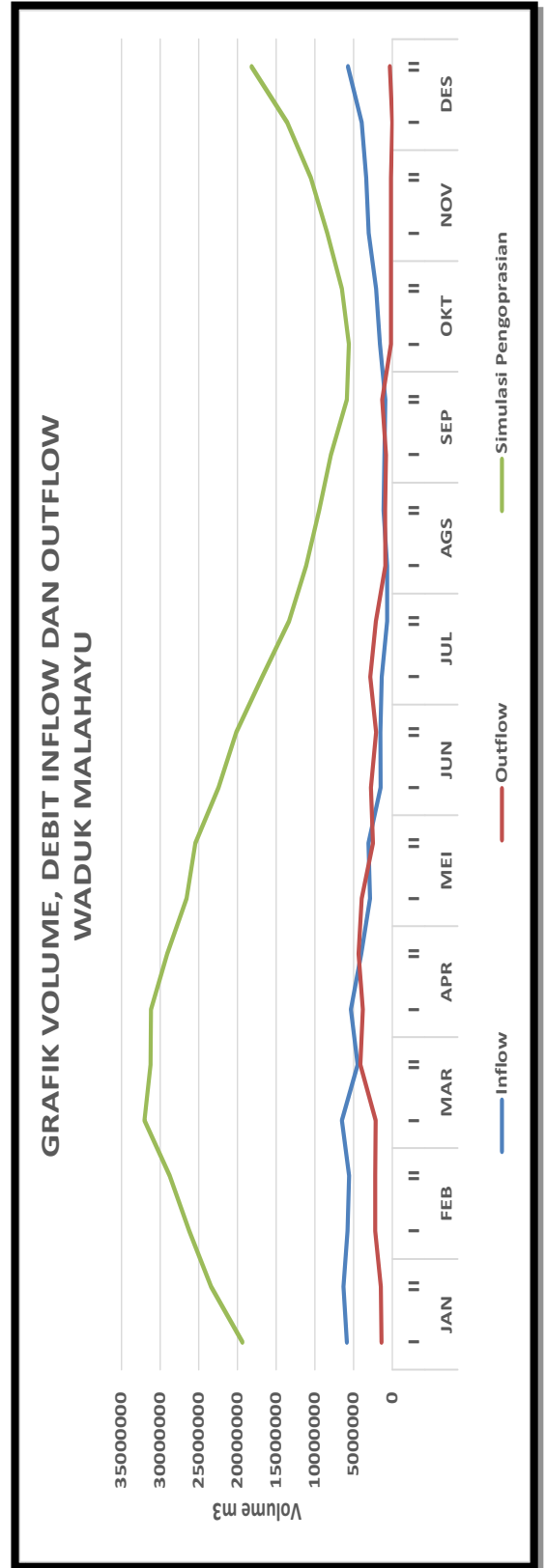
Bulan	Periode	S_t	Inflow	Evaporasi	Outflow	S_{t+1}	Keterangan
JAN	I	15767799	5874400	878750	1391501	19371948	
	II	19371948	6302800	786250	1485715	23402783	
FEB	I	23402783	5783400	740000	2208282	26237901	
	II	26237901	5573400	832500	2208282	28770518	
MAR	I	28770518	6515600	1110000	2158421	32017698	
	II	32017698	4476248	1137750	4125596	31230599	
APR	I	31230599	5334000	1579401	3802324	31182874	
	II	31182874	4020800	1748250	4366738	29088687	
MEI	I	29088687	2884000	1443000	3946708	26582979	
	II	26582979	3085600	1729750	2485809	25453020	
JUN	I	25453020	1512000	1748250	2767487	22449283	
	II	22449283	1540000	1729750	2093710	20165823	
JUL	I	20165823	1348667	1859250	2856402	16798838	
	II	16798838	676000	2016500	2109372	13348965	
AGS	I	13348965	653333	1970250	893950	11138099	
	II	11138099	1120000	1877750	919908	9460441	
SEP	I	9460441	1015000	1729750	817811	7927879	
	II	7927879	905333	1665000	1300949	5867264	
OKT	I	5867264	1610000	1692750	168678	5615835	
	II	5615835	2103500	1043086	168678	6507571	
NOV	I	6507571	3052000	982452	168678	8408441	
	II	8408441	3371200	1094969	168678	10515994	
DES	I	10515994	3959200	897250	0	13577944	
	II	13577944	5740000	832500	309744	18175700	

Sumber : Hasil Analisis Perhitungan

Gambar 4.7. Grafik Simulasi Waduk



Gambar 4.6. Grafik Volume, Debit dan Outflow



A. KESIMPULAN

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

1. Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa pengoperasian Waduk Malahayu masih kurang optimal karena berdasarkan hasil analisis simulasi operasi waduk menunjukkan bahwa volume air Waduk Malahayu masih dibawah *Minimum Operating Level (MOL)*.
2. Pada saat-saat dimana air tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan air tanaman dengan pengaliran menerus, maka pemberian air tanaman dilakukan secara bergilir.

B. SARAN

Berdasarkan hasil kesimpulan di atas penulis dapat memberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Dalam pengoperasian Waduk Malahayu para petugas di lapangan harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut :
 - a. Jika *inflow* dan *outflow* bulanan cenderung meninggi melebihi *Full Supply Level (FSL)*, maka *outflow* harus diperbesar sedemikian rupa sehingga muka air waduk tetap berada di bawah *Full Supply Level (FSL)*.
 - b. Demikian pula jika *inflow* dan *outflow* bulanan cenderung menurun di bawah *Minimum Operating Level (MOL)*, maka *outflow* harus dikurangi sedemikian rupa sehingga muka air waduk tetap berada di atas *Minimum Operating Level (MOL)*.
2. Penekanan sedimentasi harus dilakukan untuk mempertahankan kapasitas tampung Waduk Malahayu dan juga untuk menambah umur guna dari Waduk Malahayu itu sendiri.
3. Peran serta setiap elemen masyarakat dan pemerintah daerah dalam pengelolaan sungai dan waduk perlu ditingkatkan lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Nugraha, Arief Kurnia. 2015. "Kajian Optimasi Pengoperasian Waduk Darma Kabupaten Kuningan - Jawa Barat". Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Swadaya Gunung Jati Cirebon.
- Anonim. 1986. "Standar Perencanaan Irigasi (KP-01)", Direktorat Jendral Pengairan DPU RI". Bandung : Galaxy Persada.
- Cahyadi, Rono. 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.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2004. Pedoman Pengoperasian Waduk Tunggal.
- Dwi pangestuti, 2007. "Analisa Keseimbangan Air Waduk Gondang Untuk Optimasi Irigasi". Jurusan Teknik Sipil ITS Surabaya.
- Linsley, R.K dan Joseph B. Franzini, 1984. Teknik Sumber Daya Air. Diterjemahkan oleh Djoko Sasongko. Jakarta : Erlangga.
2012. Pedoman Operasi dan Pemeliharaan Hidromekanikal Waduk Malahayu.

