

Research Article

**SIMULASI POLA OPERASI WADUK BATUTEGI, PROVINSI LAMPUNG**Dian Swastika<sup>1\*</sup>, Dyah Ari Wulandari<sup>1)</sup>, dan Ignatius Sriyana<sup>1)</sup><sup>1)</sup>Departemen Teknik Sipil, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

Received: 26 August 2022, Accepted: 11 April 2023, Published: 31 May 2023

**Abstract**

Batutege Reservoir is a multi-purpose reservoir that is used to increase the water supply to the Argoguruh Weir to expand the irrigation area in the Sekampung Irrigation System. Batutege Reservoir supplies the water demand not only for irrigation, covering an area of 66.573 Ha, but also for hydroelectric power generation (hydropower) of 2 x 14 MW and the raw water supply of 2.250lt/s. The operational curves of the Batutege Reservoir were prepared in 2017, aiming to control the water release to ensure the planned demand is fulfilled. However, the reservoir operation curves must be reviewed at least once every 5 (five) years to comply with the changes in reservoir conditions and the development of its benefits/functions. The study aimed to determine the reservoir reliability by updating the reservoir operation curves in 3 conditions; wet year, normal year, and dry year using the SOR (Standart Operating Release) simulation method according to the inflow and outflow during the mid-month period. Results showed that in the wet year, normal year, and dry year, the reservoir reliability in supplying water for irrigation, raw water, and hydropower is satisfactory in each period. In conclusion, although some simulation periods showed the final RSL (Reservoir Water Levels) of the reservoir are below the upper limit of the operation curves, they are still above MOL (Minimum Operation Level) hydropower level meaning all supply for irrigation, raw water, and hydropower can be 100% fulfilled.

**Key Words:** Multi-purpose, Reservoir Operation Curves, simulation.

**1. PENDAHULUAN**

Bendungan Batutege adalah bendungan yang mulai dibangun pada Tahun 1995 sampai Tahun 2002 dan diresmikan pada Tahun 2004 oleh Presiden Megawati. Tujuan utama yang melatarbelakangi dibangunnya Waduk Batutege adalah sebagai waduk *multi purpose* yang dimanfaatkan untuk meningkatkan suplai air ke Bendung Argoguruh untuk memperluas daerah irigasi di Sistem Irigasi Sekampung. Waduk Batutege memasok kebutuhan air tidak hanya untuk irigasi seluas 66.573 Ha tetapi juga untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) 2 x 14 MW, dan penyediaan air baku 2.250 lt/dt (Balai Besar Wilayah Sungai Mesuji Sekampung, 2017).

Dalam mengoperasikan waduk *multi purpose* perlu diperhatikan konflik kepentingannya, sbagai contoh kepentingan PLTA mempertahankan muka tinggi air agar didapatkan energi listrik yang besar sedangkan irigasi tidak mempertimbangkan muka air tetapi volume air yang dikeluarkan. Contoh lainnya, untuk pengendalian banjir PLTA mengusahakan agar waduk sebelum musim penghujan dalam kondisi kosong sedangkan untuk PLTA tetap mempertahankan tinggi muka air yang tetap.

Pengelolaan air merupakan hal yang sangat penting melihat dari pemanfaatan dan ketersediaannya shingga perlu perencanaan dan manajemen air yang efisien dan tepat. Oleh karena itu perencanaan dan pengoperasian waduk yang tepat sangat dibutuhkan (Ardana et al., 2021). Pada Tahun 2017 pola operasi Waduk Batutege telah disusun dengan tujuan untuk mengontrol pelepasan air dan memastikan kebutuhan air yang direncanakan terpenuhi (Balai Besar Wilayah Sungai Mesuji Sekampung, 2017; Hadthya et al., 2020). Namun, penyusunan pola operasi waduk harus ditinjau kembali minimal setiap 5 (lima) tahun sekali untuk menyesuaikan dengan perubahan kondisi waduk dan perkembangan manfaat/fungsinya (Kementerian PUPR, 2017).

Dengan bertambahnya penduduk, maka kebutuhan air baku, energi listrik, dan hasil pertanian semakin meningkat sehingga perlu dilakukan peningkatan produksi dengan melakukan optimasi ketersediaan air di waduk (Setiawan et al., 2017). Berdasarkan penelitian sebelumnya dan kondisi Waduk Batutege saat ini yang mengalami perubahan kondisi akibat faktor-faktor dari perubahan kapasitas tampungan waduk, pola kebutuhan air, dan kondisi lingkungan yang

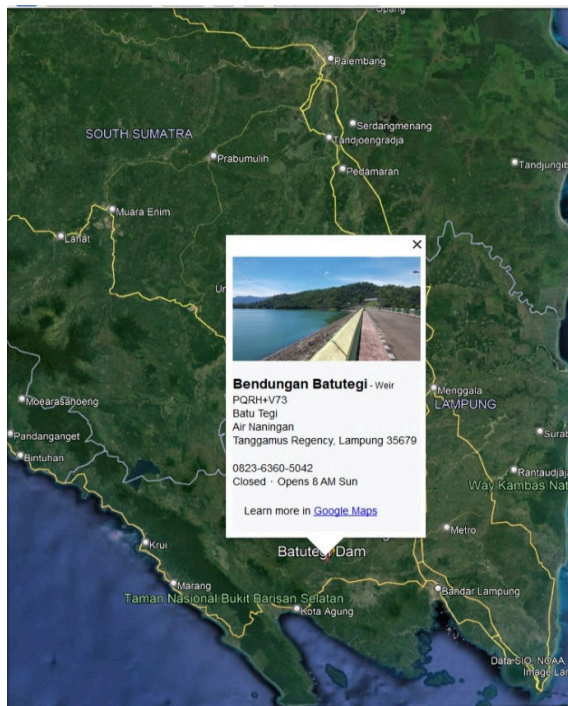
mempengaruhi ketersediaan air di waduk (Balai Besar Wilayah Sungai Mesuji Sekampung, 2017). Maka, perlu dilakukan perbaharuan pola operasi waduk untuk Tahun 2022 hingga 5 (lima) tahun kedepan.

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan simulasi Waduk Batutegi dengan adanya *inflow* dan *outflow* selama periode pertengahan bulan dalam setahun guna mengetahui keandalan waduk tersebut. Simulasi pola operasi waduk dilakukan dalam 3 kondisi, yaitu tahun basah, tahun normal, dan tahun kering. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menganalisis simulasi waduk seperti analisis *water balance* dan metode simulasi SOR (*Standart Operating Release*). Pada penelitian ini akan menggunakan metode simulasi SOR (*Standart Operating Release*) sesuai dengan *inflow* dan *outflow* selama periode pertengahan bulan (Panimbang, 2020; Setiyoko et al., 2013).

## 2. METODE

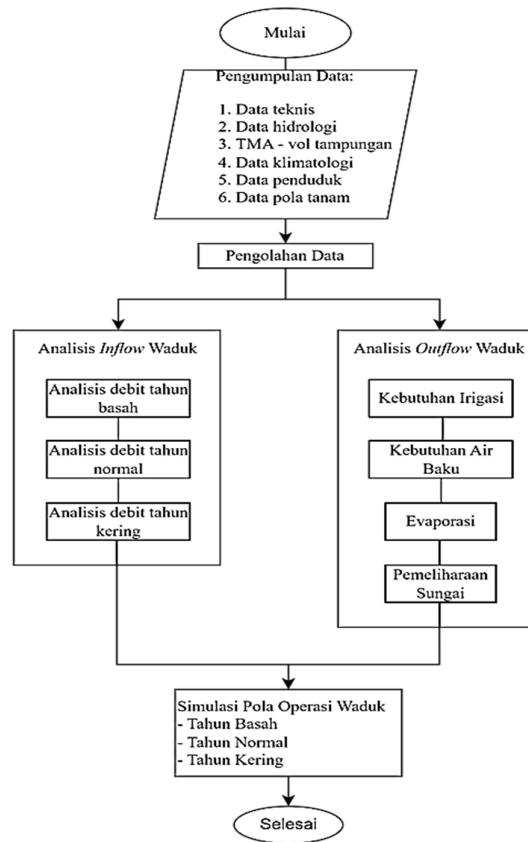
### Lokasi Penelitian

Bendungan Batutegi berada di Kecamatan Air Naningan, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung. Bendungan Batutegi berada pada Wilayah Sungai Seputih – Sekampung dan termasuk dalam DAS Sekampung yang terletak antara 104°31'00" - 105°49'00" BT dan 05°50'00" LS. Gambar 1 merupakan peta lokasi Bendungan Batutegi.



Gambar 1. Peta lokasi Bendungan Batutegi

Bagan alir program kerja penelitian dapat dilihat pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Bagan alir penelitian

### Ketersediaan Air

Untuk keperluan penyusunan POW debit air yang masuk ke waduk diklarifikasikan dalam 3 (tiga) kondisi yaitu : tingkat keandalan 20% sebagai batas atas operasi (tahun basah), tingkat keandalan 50% sebagai rata-rata atau tahun normal, dan tingkat keandalan 80% sebagai batas bawah operasi atau tahun 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. Untuk penyediaan air di Daerah Irigasi Way Sekampung ketersediaan air dipenuhi dari Waduk Batutegi dan Bendung Argoguruh.

Berdasarkan data pada 10 tahun terakhir (Tahun 2007 – Tahun 2016) rata-rata debit *inflow* waduk tahunan adalah 18,06 m<sup>3</sup>/dt, sedangkan rata-rata volume waduk tahunan adalah 569 juta m<sup>3</sup>. Debit andalan untuk tahun basah rata-rata sebesar 27,61 m<sup>3</sup>/dt atau 870 juta m<sup>3</sup>, tahun normal rata-rata 17,55 m<sup>3</sup>/dt atau volume 553 juta m<sup>3</sup>, sedangkan tahun kering 11,71 m<sup>3</sup>/dt atau volume 369 juta m<sup>3</sup> (Balai Besar Wilayah Sungai Mesuji Sekampung, 2017). Air yang masuk ke Waduk Batutegi tersebut akan diklasifikasikan menjadi 3 kategori, yaitu: tahun

basah, tahun normal, dan tahun kering. Ketiga kategori tersebut dijelaskan sebagai berikut (Kementerian PUPR, 2017):

- a) Tahun basah adalah tahun pada saat jumlah debit aliran lebih besar dari 66,67% dan kurang dari 100%.
- b) Tahun normal adalah tahun pada saat jumlah debit aliran atau curah hujan hasil pengamatan lebih besar dari 33,33% dan kurang dari 66,67 %.
- c) Tahun kering adalah tahun pada saat curah hujan atau aliran sungainya berkisar antara 0% sampai 33%.

### Evapotranspirasi

Karena waduk memiliki genangan air yang cukup luas, maka evaporasi menjadi salah satu unsur yang dipertimbangkan sebagai *outflow*/pelepasan air di waduk. Dalam penelitian ini data *inflow* yang digunakan adalah data 10 tahun terakhir, yaitu Tahun 2007 s/d Tahun 2016 dan data evapotranspirasi yang dipengaruhi oleh kelembapan udara relatif, lama penyinaran matahari, kecepatan angin, dan suhu udara yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Mesuji Sekampung. Metode ini telah sedikit memodifikasi Persamaan Penman untuk perhitungan penetapan nilai evapotranspirasi (ET<sub>o</sub>), termasuk revisi bagian fungsi kecepatan angin. Metode ini membutuhkan data rata-rata iklim harian, kondisi cuaca sepanjang siang dan malam hari yang diperkirakan mempunyai pengaruh terhadap evapotranspirasi (Nugroho et al., 2019). Besarnya evapotranspirasi digunakan Metode Penman Modifikasi yang telah disesuaikan dengan keadaan daerah Indonesia (Ardana et al., 2021).

Adapun persamaan yang digunakan untuk perhitungan evapotranspirasi dengan metode ini adalah (Nuramini, 2017):

$$ET_o = \{ [W \times R_n] \times [(1 - W) \times (ea - ed) f(U)] \} C \quad (1)$$

Dalam Persamaan (1), *E<sub>to</sub>* adalah evapotranspirasi (mm/hr), *W* adalah faktor berat/faktor penimbang, *R<sub>n</sub>* adalah penyinaran radiasi matahari bersih (mm/hr), *ea* adalah tekanan uap jenuh (mbar), *ed* adalah tekanan uap nyata (mbar), *ea-ed* adalah perbedaan tekanan uap air/saturation defisit (mbar), *f(U)* adalah fungsi angin relatif/fungsi kecepatan angin, *C* adalah faktor penggantian efek kondisi cuaca akibat siang dan malam hari. Adapun parameter-parameter yang menentukan besarnya nilai evapotranspirasi dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Faktor berat (*W*) diperoleh dengan menggunakan tabel yang menggambarkan hubungan antara

temperatur udara (*T*) dengan *W* untuk berbagai *altitude*.

2. Besarnya penyinaran radiasi matahari bersih (*R<sub>n</sub>*) dihitung dengan persamaan :

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (2)$$

*R<sub>ns</sub>* adalah penyinaran radiasi matahari yang dikoreksi bumi dan *R<sub>nl</sub>* adalah radiasi matahari yang dipancarkan bumi. Besarnya penyinaran radiasi matahari yang dikoreksi bumi dihitung dengan persamaan:

$$R_{ns} = (1 - \alpha) R_s = (1 - 0,25) R_s \quad (3)$$

*R<sub>s</sub>* adalah penyinaran radiasi matahari setelah terkoreksi, yang dapat dihitung dengan persamaan:

$$R_s = (0,25 + (0,5 \frac{n}{N})) R_a \quad (4)$$

*R<sub>a</sub>* adalah penyinaran radiasi matahari teoritis dan *n/N* adalah penyinaran matahari rata-rata. *R<sub>a</sub>* diperoleh dengan menggunakan tabel “*extra terrestrial radiation (R<sub>a</sub>) expressed in equivalent evaporation in mm/day*”.

3. Tekanan uap jenuh (*ea*) diperoleh dengan menggunakan tabel “*saturation vapour pressure (ea) in mbar as function of mean air temperature (T) in °C*”
4. Tekanan uap nyata (*ed*) diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$Ed = ea \times Rh/100 \quad (5)$$

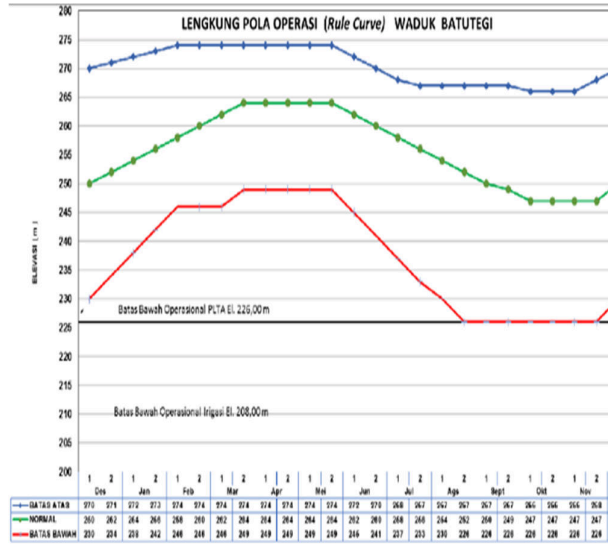
*Rh* adalah kelembapan rata-rata

5. Fungsi kecepatan angina (*f(U)*) diperoleh dengan menggunakan persamaan:
- 6.

$$F(U) = 0,27 \left( 1 - \left( \frac{u}{100} \right) \right) \quad (6)$$

Faktor penggantian efek kondisi cuaca akibat siang dan malam hari (*C*) diperoleh dengan menggunakan tabel “*adjustment factor (c) in presented Penman Equation*”.

### Kebutuhan Air Irigasi



Gambar 3. Rule curve Waduk Batutegi

Penyusunan pola operasi Waduk Batutegi diusulkan dengan 3 musim tanam dengan masing-masing luas tanam sebagai berikut :

- Musim Tanam (MT) I = 55,373 ha
- Musim Tanam (MT) II = 55,373 ha
- Musim Tanam (MT) III = 31,399 ha.

Kebutuhan air irigasi mengacu pada pola tanam global eksisting dengan masa tanam (MT) I : padi dan MT II : padi yang dimulai pada awal Bulan November. Dengan adanya Bendungan Way Sekampung pola tanam kondisi eksisting pada tiap daerah irigasi akan ditambah dengan palawija (jagung) pada MT III. Perhitungan kebutuhan air irigasi dihitung berdasarkan Kriteria Perencanaan (KP-01) untuk Standar Perencanaan Irigasi yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Sumber Daya Air sebagaimana Persamaan (7) dan (8) (Direktorat Jendral SDA, 2013).

$$NFR_{padi} = LP + ET + WLR + P - Re_{padi} \quad (7)$$

$$NFR_{palawija} = ET - Re_{palawija} \quad (8)$$

dimana  $NFR_{padi}$  adalah *netto* kebutuhan air untuk padi (mm/hari),  $NFR_{palawija}$  adalah *netto* kebutuhan air untuk palawija (mm/hari),  $LP$  adalah kebutuhan air untuk penyiapan lahan (mm/hari),  $ET$  adalah kebutuhan air untuk tanaman (mm/hari),  $WLR$  adalah (*Water Level Requirement*) kebutuhan air penggantian lapisan air (mm/hari),  $P$  adalah perkolasi (mm/hari),  $Re_{padi}$  adalah curah hujan efektif untuk tanaman padi (mm/hari),  $Re_{palawija}$  adalah curah hujan efektif untuk tanaman palawija (mm/hari).

Kebutuhan air irigasi dipengaruhi beberapa faktor, yaitu :

1. Jenis dan variasi tanaman, umumnya adalah padi, tebu, dan palawija serta dikelompokkan menjadi tiga (3) musim tanam dalam setahun
2. Variasi koefisien tanaman, tergantung pada jenis dan pertumbuhan dari tanaman. Koefisien tanaman ( $K_c$ ) untuk tanaman padi dan palawija dapat diperoleh dari tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Koefisien tanaman ( $K_c$ ) padi

Periode Tengah Bulanan	Padi				Kedelai
	Nedeco/Prosida		FAO		
	Varietas Biasa	Varietas Unggul	Varietas Biasa	Varietas Unggul	
1	1.2	1.2	1.1	1.1	0.5
2	1.2	1.27	1.1	1.1	0.75
3	1.32	1.33	1.1	1.03	1
4	1.4	1.3	1.1	1.05	0.82
5	1.35	1.3	1.1	0.95	0.45
6	1.24	0	1.05	0	
7	1.1		0.95		
8	0		0		

### Kebutuhan Air Baku

Rencana pemenuhan kebutuhan air baku dari Bendungan Batutegi direncanakan sebesar 3,25 m<sup>3</sup>/dt (Balai Besar Wilayah Sungai Mesuji Sekampung, 2017) dan akan ditinjau sesuai dengan hasil analisis neraca air global pada sistem Bendungan Batutegi terhadap Way Sekampung Sistem. Kebutuhan air baku jika jumlah hari dalam 1 bulan ada 31 hari = 3,25 x 15 x 24 x 60 x 60 = 4.212.000 m<sup>3</sup> untuk periode awal bulan. Selanjutnya kebutuhan air baku untuk periode pertengahan bulan = 3,25 x 16 x 24 x 60 x 60 = 4.492.800 m<sup>3</sup>.

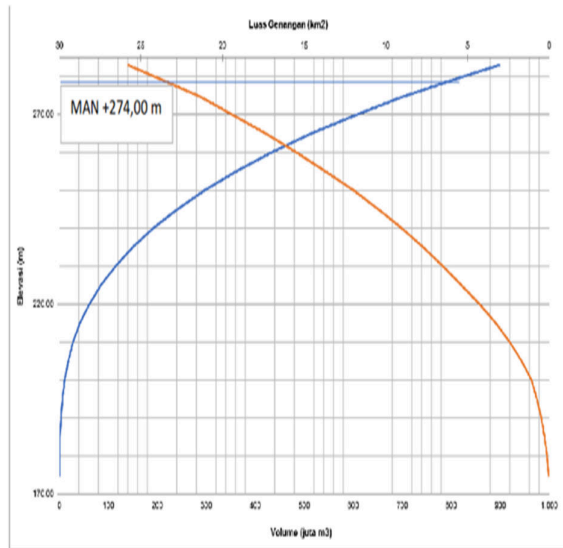
Tabel 2. Koefisien tanaman ( $K_c$ ) palawija

Setengah Bulan ke	Koefisien Tanaman					
	Kedelai	Jagung	Kacang Tanah	Bawang	Buncis	Kapas
1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
2	0.75	0.59	0.51	0.51	0.64	0.5
3	1	0.96	0.66	0.69	0.89	0.58
4	0.82	1.05	0.85	0.9	0.95	0.75
5	0.45	1.02	0.95	0.95	0.88	0.91
6	-	0.95	0.95	-	-	1.04
7	-	-	0.55	-	-	1.05
8	-	-	0.55	-	-	1.05
9	-	-	-	-	-	1.05
10	-	-	-	-	-	0.78
11	-	-	-	-	-	0.65
12	-	-	-	-	-	0.65
13	-	-	-	-	-	0.65

### Kapasitas Tampungan Waduk

Kapasitas tampungan waduk dapat diketahui dari lengkung kapasitas waduk yang merupakan suatu kurva yang menggambarkan hubungan antara luas muka air, volume, dan elevasi (Susanto & Yosanto, 2017). Dari lengkung kapasitas waduk ini akan diketahui berapa besarnya tampungan pada elevasi tertentu, sehingga dapat ditentukan

ketinggian muka air yang diperlukan untuk mendapatkan besarnya volume tampungan pada suatu elevasi tertentu, kurva ini juga digunakan untuk menentukan besarnya kehilangan air akibat evaporasi yang dipengaruhi oleh luas muka air pada elevasi tertentu.



Gambar 4. Lengkung kapasitas Waduk Batutegi Tahun 2017

### Simulasi Operasional Waduk Batutegi

Simulasi operasional waduk adalah suatu teknik pemodelan pelepasan air waduk untuk menyuplai kebutuhan air di hilir, berdasarkan kapasitas tampungan dan *inflow* yang masuk ke waduk. Simulasi operasional yang dimaksud merupakan fungsi dari *inflow* (ketersediaan air), *outflow* (kebutuhan air), dan kapasitas waduk. Persamaan umum simulasi operasional waduk menurut Mc. Mahon adalah sebagai berikut (Susilo et al., 2016):

$$S_{t+1} = S_t + Q_t - D_t - E_t - L_t \quad (7)$$

$$0 < S_{t+1} < C \quad (8)$$

dimana  $t$  adalah interval waktu yang digunakan,  $S_{t+1}$  adalah tampungan waduk pada akhir interval waktu  $t$ ,  $S_t$  adalah tampungan waduk pada awal interval waktu  $t$ ,  $Q_t$  adalah aliran masuk selama interval waktu  $t$ ,  $D_t$  adalah lepasan air selama interval waktu  $t$ ,  $E_t$  adalah evaporasi selama interval waktu  $t$ ,  $L_t$  adalah kehilangan-kehilangan air lain dari waduk selama interval waktu  $t$  (mempunyai harga yang kecil dan dapat diabaikan termasuk didalamnya kehilangan karena rembesan),  $C$  adalah tampungan aktif (tampungan efektif).

### Prosedur Simulasi Waduk

Langkah-langkah dalam melakukan simulasi operasional Waduk Batutegi sesuai Tabel 1-3. adalah sebagai berikut (Setyono & Rudianto, 2019):

- Kolom 1  
No. adalah nomor urut periode dalam simulasi operasional tampungan Waduk Batutegi.
- Kolom 2  
Bulan adalah periode pengoperasian tampungan waduk dimana periode simulasi operasional tampungan Waduk Batutegi dilakukan untuk setiap  $\frac{1}{2}$  bulan.
- Kolom 3  
Jumlah hari adalah banyaknya hari pada masing-masing periode  $\frac{1}{2}$  bulan dalam simulasi operasional tampungan Waduk Batutegi.
- Kolom 4  
*Inflow* Waduk Batutegi.
- Kolom 5  
*Outflow* Waduk Batutegi dalam bentuk kebutuhan air irigasi yang merupakan debit ( $m^3/dt$ ) pengeluaran.
- Kolom 6  
*Outflow* Waduk Batutegi dalam bentuk kebutuhan air baku yang merupakan debit ( $m^3/dt$ ) pengeluaran.  
Kolom (6) =  $3,25 m^3/dt : 1000 \times 3600 \times 24 \times$  kolom (3)
- Kolom 7  
*Outflow* Waduk Batutegi dalam bentuk debit tambahan listrik ( $m^3/dt$ ). Debit pengeluaran/ pelepasan air ini dilakukan apabila debit yang dibutuhkan turbin untuk menghasilkan daya maksimum belum tercapai (kapasitas turbin belum tercapai), dan hal ini dilakukan apabila kondisi TMA Waduk Batutegi di atas batas atas.
- Kolom 8  
Total kebutuhan air = kolom (5) + kolom (6) + kolom (7)
- Kolom 9  
*Outflow* dalam bentuk rembesan ( $m^3/dt$ ) yang terjadi di Bendungan Batutegi.
- Kolom 10  
*Outflow* yang dibutuhkan karena penguapan (evaporasi) yang terjadi di Waduk Batutegi (m). Penentuan evaporasi yang terjadi di waduk adalah besarnya evaporasi dikalikan dengan rata-rata luas tampungan (luas tampungan awal ditambah luas tampungan akhir dibagi dua) di tiap periode.
- Kolom 11  
*Outflow* dalam bentuk debit yang dibutuhkan untuk pemeliharaan sungai di hilir Waduk Batutegi. Besarnya debit yang dibutuhkan untuk menjaga keberadaan ekosistem di sungai minimal yaitu debit andalan 95% dari *inflow* Waduk Batutegi.
- Kolom 12  
*Outflow* total rencana merupakan besarnya volume kebutuhan air total rencana yang



dikeluarkan oleh Waduk Batutege dalam rangka operasional tampungan. Kebutuhan air yang dimaksud yaitu kebutuhan untuk pemenuhan air irigasi, air baku, debit tambahan listrik PLTA Way Sekampung, rembesan, pemeliharaan sungai, dan evaporasi.

Kolom (12) = Kolom (8) + Kolom (9) + Kolom (10) + Kolom (11)

- Kolom 13  
Selisih total *inflow* dan total *outflow* ( $\Delta S$ ) di Waduk Batutege:  
$$\Delta S = \text{Kolom (4)} - \text{Kolom (12)}$$
$$= \text{Inflow} - \text{Outflow}$$
Keterangan: *Inflow* dan *outflow* harus dikonversi dalam  $10^6 \text{ m}^3$ .
- Kolom 14  
Volume tampungan awal merupakan besarnya volume yang ada di Waduk Batutege, setelah beroperasi melayani total *outflow* tanpa memperhatikan volume tampungan normal dan volume tampungan minimum:  
Kolom 14 = Kolom 12 + Kolom 14 untuk periode sebelumnya  
$$= \Delta S + \text{Volume akhir pada } \frac{1}{2} \text{ bulan sebelumnya}$$
- Kolom 15  
Volume tampungan akhir merupakan besarnya volume yang ada di Waduk Batutege, setelah beroperasi melayani total *outflow* dengan memperhatikan volume tampungan normal dan volume tampungan minimum:  
Jika kolom 14 (volume tampungan awal) > volume tampungan normal, maka Kolom (15) = volume tampungan normal  
Jika kolom 14 (volume tampungan awal) < volume tampungan minimum, maka Kolom (15) = volume tampungan minimum  
Jika volume tamp. min. < kolom 14 (volume tampungan awal) < volume tampungan normal, maka Kolom (15) = kolom 14 (volume tampungan awal)
- Kolom 16  
Luas genangan yang nilainya tergantung pada volume tampungan akhir di dalam Waduk Batutege. Dari besarnya volume tampungan akhir maka dengan melihat karakteristik kurva hubungan elevasi volume dan area waduk, dapat diketahui luas genangan waduk.
- Kolom 17  
Elevasi muka air di waduk yang besarnya tergantung pada volume tampungan akhir di dalam Waduk Batutege. Dari besarnya volume tampungan akhir maka dengan melihat kurva karakteristik waduk dapat diketahui elevasi muka air di waduk.
- Kolom 18  
"Limpasan" merupakan besarnya volume air yang melimpas di atas pelimpah akibat volume

awal tampungan melebihi volume tampungan normal:

- Jika kolom 15 (volume tampungan akhir) = volume tampungan normal, maka Kolom (18) = kolom (14) – kolom (15)
- Jika kolom 15 (volume tampungan akhir) < volume tampungan normal, maka Kolom (18) = 0
- Kolom 19  
Kolom ini yaitu kolom yang menggambarkan kondisi kekurangan air untuk menyuplai air ke hilir waduk. Hal ini terjadi, jika besarnya volume tampungan akhir berada di bawah volume minimum tampungan:  
Jika kolom 15 (volume tampungan akhir) = volume tampungan minimum, maka Kolom 19 = volume tampungan minimum (pada MOL PLTA) - kolom (14).  
Tanda minus (-) pada tabel simulasi menunjukkan kekurangan air yang dibutuhkan.  
Jika kolom 15 (volume tampungan akhir) > volume tampungan minimum, maka Kolom 19 = 0
- Kolom 20  
Kolom ini berisi keterangan sukses/gagalnya simulasi waduk yang dilakukan pada periode setengah bulanan.  
Jika kolom 15 (volume tampungan akhir) berada di atas volume MOL PLTA maka kolom 20 adalah "sukses"  
Jika kolom 15 (volume tampungan akhir) berada di bawah volume MOL PLTA maka kolom 20 adalah "gagal"

#### Catatan:

Dalam perhitungan simulasi operasional tampungan waduk, volume tampungan minimum yang dimaksud adalah volume tampungan pada posisi MOL PLTA (Farida & Andajani, 2019).

#### Batasan Simulasi Waduk

Dalam penelitian ini *inflow* Waduk Batutege merupakan *inflow* dari DTA Batutege dan *outflow* Waduk Batutege merupakan kebutuhan air di hilir yang terdiri dari kebutuhan air irigasi, air baku, pembangkit listrik, evaporasi waduk, dan pemeliharaan sungai. Batasan simulasi operasi waduk sesuai dengan pola operasi Waduk Batutege adalah (Samosir et al., 2015):

- Pendekatan yang digunakan dalam pengoperasian waduk yaitu pendekatan tahunan (*one year return*), artinya simulasi operasional dilakukan untuk rentang waktu satu tahun.
- Kondisi TMA akhir operasi minimal sama dengan TMA pada awal operasi:
  - Jika TMA akhir operasi berada di atas TMA awal operasi maka terjadi surplus air di

- waduk.
- Jika TMA akhir operasi berada di bawah TMA awal operasi maka terjadi defisit air di waduk.
  - Jika TMA akhir operasi berada di bawah TMA awal operasi maka terjadi defisit air di waduk. Jika TMA akhir operasi berada di bawah TMA awal operasi maka terjadi defisit air di waduk. TMA tetap dijaga berada dalam batas CWL (*Control Water Level*):
    - Untuk keperluan pengendalian banjir, CWL ditetapkan setinggi elevasi mercu pelimpah atau *Normal Water Level* (NWL), yaitu: NWL Waduk Batutege : +274,00 mdpl
    - Untuk keperluan pengoperasian turbin, CWL ditetapkan setinggi *Minimum Operation Level* (MOL) PLTA, yaitu: MOL PLTA Waduk Batutege: +226,00 mdpl
    - Untukantisipasi kekeringan, CWL ditetapkan setinggi MOL irigasi, yaitu: MOL irigasi Waduk Batutege: +226,00 mdpl.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan data dan prosedur yang sudah dijelaskan di atas maka dapat disajikan kondisi muka air waduk hasil simulasi operasional Waduk Batutege pada kondisi tahun basah, tahun normal, dan tahun kering sesuai Gambar 4. dengan luas DI 55.373 Ha dan IP > 200% disajikan pada Tabel 3 s/d Tabel 5. Berdasarkan hasil simulasi didapat :

1. Pada tahun basah, hasil simulasi untuk Periode Maret menunjukkan kebutuhan irigasi, air baku, dan PLTA dapat terpenuhi dengan baik. Untuk periode pada bulan lainnya menunjukkan TMA akhir waduk berada di bawah kurva pola batas atas namun masih berada di atas MOL PLTA, sehingga baik kebutuhan irigasi, air baku, maupun PLTA masih dapat terpenuhi 100%. Kendala simulasi dengan lepasan *rule curve* adalah jika debit *inflow* kurang besar maka tampungan waduk akan berada di bawah *rule curve*. Dengan demikian maka tampungan waduk dapat saja berada di bawah *rule curve* (yang terjadi karena debit inflow yang kurang besar).
2. Pada tahun normal, hasil simulasi untuk Periode Januari s/d pertengahan awal Juni menunjukkan kebutuhan irigasi, air baku, dan PLTA dapat terpenuhi dengan baik. Sedangkan untuk periode pada pertengahan Juni s/d Desember menunjukkan TMA akhir waduk berada di bawah kurva pola batas atas namun masih berada di atas MOL PLTA, sehingga baik kebutuhan

- irigasi, air baku, maupun PLTA masih dapat terpenuhi 100%.
3. Pada tahun kering, hasil simulasi untuk Periode Januari s/d Mei, pertengahan Juni s/d September, dan pertengahan Desember menunjukkan kebutuhan irigasi, air baku, dan PLTA dapat terpenuhi dengan baik. Sedangkan untuk periode awal Juni dan periode Oktober s/d awal Desember menunjukkan TMA akhir waduk berada di bawah kurva pola batas atas namun masih berada di atas MOL PLTA, sehingga baik kebutuhan irigasi, air baku, maupun PLTA masih dapat terpenuhi 100%.
4. Pada tahun normal dan kering, hasil simulasi untuk beberapa periode menunjukkan kegagalan (kolom 21) yang disebabkan oleh TMA waduk pada akhir periode yang seharusnya berada di bawah MOL PLTA harus dipertahankan pada elevasi muka air minimal, yaitu pada posisi MOL PLTA. Oleh sebab itu, *outflow* waduk untuk menyuplai kebutuhan air irigasi akan dikurangi.
5. Supaya TMA waduk pada akhir periode > MOL PLTA, maka luas areal irigasi harus dikurangi atau dengan metode pembagian air bergilir terutama untuk periode tertentu yang mengalami kegagalan. Namun apabila tidak ingin menimbulkan konflik pemakaian air dengan mengurangi luasan penambahan areal irigasi baru, maka kurva pola operasi Waduk Batutege harus diperbaharui dengan menyesuaikan penambahan luas area irigasi baru.
6. Persyaratan pengoperasian PLTA untuk mendapatkan energi listrik dari turbin adalah muka air minimum yang lebih tinggi dari MOL PLTA, sedangkan dari hasil simulasi untuk periode tertentu menunjukkan muka air berada di bawah MOL PLTA sehingga dalam situasi pengoperasiannya elevasi muka air waduk harus dipertahankan minimal setinggi MOL PLTA.

Tabel 3 Hasil simulasi Waduk Batutegi pada tahun basah (Sumber : hasil analisis)

Periode	Bulan	Jumlah Hari	Inflow Waduk	Kebutuhan Air				Kehilangan Air Waduk		Pemeliharaan Sungai	Total Outflow	$\Delta s = in - out$	Vol tamp awal	Vol tamp akhir	Luas Genangan	Elev. MA Waduk	Limpasan	Jumlah Kekurangan Air	Ket
			Inflow Total	Irigasi	Air Baku	Listrik	Total	Rembesan	Evaporasi Waduk										
(1)	(2)	(3)	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	mdpl	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	gagal/sukses
			(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)=(8)+(9)+(10)+(11)	(13)=(6)-(13)	(14)=(12)+(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)
													68,060,000	68,060,000					
I	Januari	15	43,361,854	13,714,272	3,216,672	0	16,930,944	0	372,117	1,296,000	18,599,061	24,762,793	92,822,793	68,060,000	5,020,800	124	24,762,793	0	sukses
II		16	33,849,216	10,598,861	3,216,672	0	13,815,533	0	396,924	1,382,400	15,594,857	18,254,359	86,314,359	68,060,000	5,020,800	124	18,254,359	0	sukses
I	Februari	15	38,716,030	7,520,688	3,216,672	0	10,737,360	0	380,777	1,296,000	12,414,137	26,301,892	94,361,892	68,060,000	5,020,800	124	26,301,892	0	sukses
II		13	57,088,563	12,148,531	3,216,672	0	15,365,203	0	330,007	1,123,200	16,818,410	40,270,152	108,330,152	68,060,000	5,020,800	124	40,270,152	0	sukses
I	Maret	15	57,125,943	11,476,080	3,216,672	0	14,692,752	0	367,297	1,296,000	16,356,049	40,769,895	108,829,895	68,060,000	5,020,800	124	40,769,895	0	sukses
II		16	35,447,818	25,165,210	3,216,672	0	28,381,882	0	391,783	1,382,400	30,156,065	5,291,754	73,351,754	68,060,000	5,020,800	124	5,291,754	0	sukses
I	April	15	44,415,963	24,454,224	3,216,672	0	27,670,896	0	353,138	1,296,000	29,320,034	15,095,929	83,155,929	68,060,000	5,020,800	124	15,095,929	0	sukses
II		15	42,721,166	22,251,024	3,216,672	0	25,467,696	0	353,138	1,296,000	27,116,834	15,604,332	83,664,332	68,060,000	5,020,800	124	15,604,332	0	sukses
I	Mei	15	23,426,207	20,444,400	3,216,672	0	23,661,072	0	308,478	1,296,000	25,265,550	-1,839,343	66,220,657	66,220,657	4,760,700	123	0	0	sukses
II		16	22,175,938	20,288,102	3,216,672	0	23,504,774	0	311,997	1,382,400	25,199,172	-3,023,234	63,197,423	63,197,423	4,760,700	123	0	0	sukses
I	Juni	15	14,769,846	19,323,360	3,216,672	0	22,540,032	0	319,705	1,296,000	24,155,737	-9,385,890	53,811,533	53,811,533	3,999,600	120	0	0	sukses
II		15	33,007,675	17,401,392	3,216,672	0	20,618,064	0	268,593	1,296,000	22,182,657	10,825,018	64,636,551	64,636,551	4,760,700	123	0	0	sukses
I	Juli	15	40,263,319	9,403,776	3,216,672	0	12,620,448	0	242,296	1,296,000	14,158,744	26,104,576	90,741,126	68,060,000	5,020,800	124	22,681,126	0	sukses
II		16	42,270,025	4,372,531	3,216,672	0	7,589,203	0	272,569	1,382,400	9,244,172	33,025,852	101,085,852	68,060,000	5,020,800	124	33,025,852	0	sukses
I	Agustus	15	34,884,350	4,835,376	3,216,672	0	8,052,048	0	277,600	1,296,000	9,625,648	25,258,702	93,318,702	68,060,000	5,020,800	124	25,258,702	0	sukses
II		16	38,894,462	7,028,122	3,216,672	0	10,244,794	0	296,107	1,382,400	11,923,300	26,971,162	95,031,162	68,060,000	5,020,800	124	26,971,162	0	sukses
I	September	15	60,588,759	12,918,528	3,216,672	0	16,135,200	0	324,218	1,296,000	17,755,418	42,833,341	110,893,341	68,060,000	5,020,800	124	42,833,341	0	sukses
II		15	71,081,353	16,249,248	3,216,672	0	19,465,920	0	324,218	1,296,000	21,086,138	49,995,215	118,055,215	68,060,000	5,020,800	124	49,995,215	0	sukses
I	Oktober	15	70,281,555	19,220,976	3,216,672	0	22,437,648	0	350,201	1,296,000	24,083,849	46,197,706	114,257,706	68,060,000	5,020,800	124	46,197,706	0	sukses
II		16	46,165,341	22,101,811	3,216,672	0	25,318,483	0	373,548	1,382,400	27,074,431	19,090,911	87,150,911	68,060,000	5,020,800	124	19,090,911	0	sukses
I	November	15	39,585,298	22,545,216	3,216,672	0	25,761,888	0	365,640	1,296,000	27,423,528	12,161,771	80,221,771	68,060,000	5,020,800	124	12,161,771	0	sukses
II		15	41,209,020	29,130,192	3,216,672	0	32,346,864	0	365,640	1,296,000	34,008,504	7,200,516	75,260,516	68,060,000	5,020,800	124	7,200,516	0	sukses
I	Desember	15	40,828,612	31,173,984	3,216,672	0	34,390,656	0	350,351	1,296,000	36,037,007	4,791,604	72,851,604	68,060,000	5,020,800	124	4,791,604	0	sukses
II		16	24,118,428	15,698,534	3,216,672	0	18,915,206	0	373,708	1,382,400	20,671,315	3,447,113	71,507,113	68,060,000	5,020,800	124	3,447,113	0	sukses



Tabel 4 Hasil simulasi Waduk Batutegi pada tahun normal (Sumber : hasil analisis)

Periode	Bulan	Jumlah Hari	Inflow Waduk	Kebutuhan Air				Kehilangan Air		Pemeliharaan Sungai	Total Outflow	Δs = in - out	Vol tamp awal	Vol tamp akhir	Luas Genangan	Elev. MA Waduk	Limpasan	Jumlah Kekurangan Air	Ket
			Inflow Total	Irigasi	Air Baku	Listrik	Total	Rembesan	Evaporasi Waduk										
(1)	(2)	(3)	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	mdpl	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	gagal/sukses	
												68.060.000	68.060.000						
I	Januari	15	55.174.121	13.714.272	3.216.672	0	16.930.944	0	372.117	1.296.000	18.599.061	36.575.060	104.635.060	68.060.000	5.020.800	124	36.575.060	0	sukses
II		16	59.413.902	10.598.861	3.431.117	0	14.029.978	0	396.924	1.382.400	15.809.302	43.604.600	111.664.600	68.060.000	5.020.800	124	43.604.600	0	sukses
I	Februari	15	56.808.058	7.520.688	3.216.672	0	10.737.360	0	380.777	1.296.000	12.414.137	44.393.921	112.453.921	68.060.000	5.020.800	124	44.393.921	0	sukses
II		13	47.451.595	12.148.531	2.787.782	0	14.936.314	0	330.007	1.123.200	16.389.521	31.062.074	99.122.074	68.060.000	5.020.800	124	31.062.074	0	sukses
I	Maret	15	44.255.116	11.476.080	3.216.672	0	14.692.752	0	367.297	1.296.000	16.356.049	27.899.068	95.959.068	68.060.000	5.020.800	124	27.899.068	0	sukses
II		16	52.755.326	25.165.210	3.431.117	0	28.596.326	0	391.783	1.382.400	30.370.509	22.384.817	90.444.817	68.060.000	5.020.800	124	22.384.817	0	sukses
I	April	15	52.653.955	24.454.224	3.216.672	0	27.670.896	0	353.138	1.296.000	29.320.034	23.333.921	91.393.921	68.060.000	5.020.800	124	23.333.921	0	sukses
II		15	45.302.351	22.251.024	3.216.672	0	25.467.696	0	353.138	1.296.000	27.116.834	18.185.517	86.245.517	68.060.000	5.020.800	124	18.185.517	0	sukses
I	Mei	15	43.328.038	20.444.400	3.216.672	0	23.661.072	0	308.478	1.296.000	25.265.550	18.062.488	86.122.488	68.060.000	5.020.800	124	18.062.488	0	sukses
II		16	54.721.370	20.288.102	3.431.117	0	23.719.219	0	329.043	1.382.400	25.430.662	29.290.708	97.350.708	68.060.000	5.020.800	124	29.290.708	0	sukses
I	Juni	15	32.571.851	19.323.360	3.216.672	0	22.540.032	0	337.172	1.296.000	24.173.204	8.398.648	76.458.648	68.060.000	5.020.800	124	8.398.648	0	sukses
II		15	35.893.304	17.401.392	3.216.672	0	20.618.064	0	337.172	1.296.000	22.251.236	13.642.068	81.702.068	68.060.000	5.020.800	124	13.642.068	0	sukses
I	Juli	15	39.655.411	9.403.776	3.216.672	0	12.620.448	0	255.534	1.296.000	14.171.982	25.483.429	93.543.429	68.060.000	5.020.800	124	25.483.429	0	sukses
II		16	41.953.302	4.372.531	3.431.117	0	7.803.648	0	272.569	1.382.400	9.458.617	32.494.685	100.554.685	68.060.000	5.020.800	124	32.494.685	0	sukses
I	Agustus	15	38.540.106	4.835.376	3.216.672	0	8.052.048	0	277.600	1.296.000	9.625.648	28.914.458	96.974.458	68.060.000	5.020.800	124	28.914.458	0	sukses
II		16	26.182.765	7.028.122	3.431.117	0	10.459.238	0	296.107	1.382.400	12.137.745	14.045.020	82.105.020	68.060.000	5.020.800	124	14.045.020	0	sukses
I	September	15	8.066.739	12.918.528	3.216.672	0	16.135.200	0	324.218	1.296.000	17.755.418	-9.688.679	58.371.321	58.371.321	4.166.000	121	0	0	sukses
II		15	411.553	16.249.248	3.216.672	0	19.465.920	0	269.019	1.296.000	21.030.939	-20.619.386	37.751.934	37.751.934	3.406.700	116	0	0	sukses
I	Oktober	15	1.871.830	19.220.976	3.216.672	0	22.437.648	0	237.617	1.296.000	23.971.265	-22.099.436	15.652.499	25.920.000	2.951.800	113	0	-10.267.501	gagal
II		16	1.462.402	22.101.811	3.431.117	0	25.532.928	0	219.614	1.382.400	27.134.942	-25.672.540	247.460	25.920.000	2.951.800	113	0	-25.672.540	gagal
I	November	15	1.988.353	22.545.216	3.216.672	0	25.761.888	0	214.965	1.296.000	27.272.853	-25.284.500	635.500	25.920.000	2.951.800	113	0	-25.284.500	gagal
II		15	9.206.314	29.130.192	3.216.672	0	32.346.864	0	214.965	1.296.000	33.857.829	-24.651.515	1.268.485	25.920.000	2.951.800	113	0	-24.651.515	gagal
I	Desember	15	22.663.070	31.173.984	3.216.672	0	34.390.656	0	205.977	1.296.000	35.892.633	-13.229.562	12.690.438	25.920.000	2.951.800	113	0	-13.229.562	gagal
II		16	43.549.959	15.698.534	3.431.117	0	19.129.651	0	219.708	1.382.400	20.731.760	22.818.199	48.738.199	48.738.199	3.848.000	119	0	0	sukses

Tabel 5 Hasil simulasi Waduk Batutegi pada tahun kering (Sumber : hasil analisis)

Periode	Bulan	Jumlah Hari	Inflow Waduk	Kebutuhan Air				Kehilangan Air		Pemeliharaan Sungai	Total Outflow	$\Delta s = in - out$	Vol tamp awal	Vol tamp akhir	Luas Genangan	Elev. MA Waduk	Limpasan	Jumlah Kekurangan Air	Ket
			Inflow Total	Irigasi	Air Baku	Listrik	Total	Rembesan	Evaporasi Waduk										
(1)	(2)	(3)	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	mdpl	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	gagal/sukses
			(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)=(8)+(9)+(10)+(11)	(13)=(6)-(13)	(14)=(12)+(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)
												68.060.000	68.060.000						
I	Januari	15	38.304.652	13.714.272	3.216.672	0	16.930.944	0	372.117	1.296.000	18.599.061	19.705.591	87.765.591	68.060.000	5.020.800	124	19.705.591	0	sukses
II		16	105.420.454	10.598.861	3.431.117	0	14.029.978	0	396.924	1.382.400	15.809.302	89.611.152	157.671.152	68.060.000	5.020.800	124	89.611.152	0	sukses
I	Febuari	15	12.341.539	7.520.688	3.216.672	0	10.737.360	0	380.777	1.296.000	12.414.137	-72.598	67.987.402	67.987.402	4.760.700	123	0	0	sukses
II		13	9.326.178	12.148.531	2.787.782	0	14.936.314	0	312.911	1.123.200	16.372.425	-7.046.247	60.941.155	60.941.155	4.361.500	122	0	0	sukses
I	Maret	15	15.134.040	11.476.080	3.216.672	0	14.692.752	0	319.066	1.296.000	16.307.818	-1.173.778	59.767.377	59.767.377	4.361.500	122	0	0	sukses
II		16	40.688.702	25.165.210	3.431.117	0	28.596.326	0	340.337	1.382.400	30.319.063	10.369.639	70.137.016	68.060.000	5.020.800	124	2.077.016	0	sukses
I	April	15	18.211.850	24.454.224	3.216.672	0	27.670.896	0	353.138	1.296.000	29.320.034	-11.108.184	56.951.816	56.951.816	4.166.000	121	0	0	sukses
II		15	30.773.053	22.251.024	3.216.672	0	25.467.696	0	293.016	1.296.000	27.056.712	3.716.341	60.668.158	60.668.158	4.361.500	122	0	0	sukses
I	Mei	15	33.631.200	20.444.400	3.216.672	0	23.661.072	0	267.971	1.296.000	25.225.043	8.406.157	69.074.315	68.060.000	5.020.800	124	1.014.315	0	sukses
II		16	9.164.923	20.288.102	3.431.117	0	23.719.219	0	329.043	1.382.400	25.430.662	-16.265.740	51.794.260	51.794.260	3.999.600	120	0	0	sukses
I	Juni	15	5.444.586	19.323.360	3.216.672	0	22.540.032	0	268.593	1.296.000	24.104.625	-18.660.039	33.134.222	33.134.222	3.248.900	115	0	0	sukses
II		15	11.361.542	17.401.392	3.216.672	0	20.618.064	0	218.180	1.296.000	22.132.244	-10.770.702	22.363.520	25.920.000	2.951.800	113	0	-3.556.480	gagal
I	Juli	15	17.140.782	9.403.776	3.216.672	0	12.620.448	0	150.232	1.296.000	14.066.680	3.074.102	28.994.102	28.994.102	3.098.600	114	0	0	sukses
II		16	16.720.969	4.372.531	3.431.117	0	7.803.648	0	168.217	1.382.400	9.354.265	7.366.704	36.360.806	36.360.806	3.406.700	116	0	0	sukses
I	Agustus	15	16.741.795	4.835.376	3.216.672	0	8.052.048	0	188.356	1.296.000	9.536.404	7.205.391	43.566.197	43.566.197	3.706.200	118	0	0	sukses
II		16	14.340.127	7.028.122	3.431.117	0	10.459.238	0	218.577	1.382.400	12.060.215	2.279.912	45.846.109	45.846.109	3.706.200	118	0	0	sukses
I	September	15	3.573.428	12.918.528	3.216.672	0	16.135.200	0	239.328	1.296.000	17.670.528	-14.097.100	31.749.009	31.749.009	3.098.600	114	0	0	sukses
II		15	4.949.990	16.249.248	3.216.672	0	19.465.920	0	200.092	1.296.000	20.962.012	-16.012.022	15.736.987	25.920.000	2.951.800	113	0	-10.183.013	gagal
I	Oktober	15	14.696.363	19.220.976	3.216.672	0	22.437.648	0	205.888	1.296.000	23.939.536	-9.243.173	16.676.827	25.920.000	2.951.800	113	0	-9.243.173	gagal
II		16	821.423	22.101.811	3.431.117	0	25.532.928	0	219.614	1.382.400	27.134.942	-26.313.519	-393.519	25.920.000	2.951.800	113	0	-26.313.519	gagal
I	November	15	4.527.024	22.545.216	3.216.672	0	25.761.888	0	214.965	1.296.000	27.272.853	-22.745.829	3.174.171	25.920.000	2.951.800	113	0	-22.745.829	gagal
II		15	20.305.343	29.130.192	3.216.672	0	32.346.864	0	214.965	1.296.000	33.857.829	-13.552.486	12.367.514	25.920.000	2.951.800	113	0	-13.552.486	gagal
I	Desember	15	14.827.495	31.173.984	3.216.672	0	34.390.656	0	205.977	1.296.000	35.892.633	-21.065.137	4.854.863	25.920.000	2.951.800	113	0	-21.065.137	gagal
II		16	19.416.789	15.698.534	3.431.117	0	19.129.651	0	219.708	1.382.400	20.731.760	-1.314.971	24.605.029	25.920.000	2.951.800	113	0	-1.314.971	gagal

### 3. KESIMPULAN

Bendungan Batuteги merupakan bendungan multiguna di Provinsi Lampung. Konsep operasi Waduk Batuteги pada saat ini dilakukan sesuai dengan pengoperasian waduk seri/*cascade* yaitu Waduk Batuteги di hulu, Waduk Way Sekampung di tengah yang akan berperan sebagai *regulating dam* dan Bendung Argo Guruh di hilir serta menyusul Bendungan Margatiga di hilir yang masih dalam masa konstruksi. Dalam Pola operasi pada Waduk Batuteги, *inflow* waduk diklasifikasikan menjadi beberapa kriteria musim yaitu musim basah, kering, dan normal. Sementara itu Pola Operasi Waduk diwujudkan dalam bentuk *Rule Curve* yang dibatasi oleh lengkung batas operasi normal atas dan lengkung batas operasi normal bawah. Operasi waduk dengan menggunakan *Rule Curve* berusaha sedapat mungkin untuk mengikuti *schedule* tampungan dari *Rule Curve* tersebut, kecuali apabila besarnya debit *inflow* tidak memungkinkan. Berdasarkan hasil analisis simulasi Waduk Batuteги dengan luas DI 55.373 Ha dan IP > 200% pada tahun basah, tahun normal, dan tahun kering kebutuhan irigasi, air baku, dan PLTA dapat terpenuhi dengan baik pada setiap periode. Rekomendasi yang dapat diberikan dari pembahasan tentang pola operasi Waduk Batuteги adalah perlu adanya pengamanan Daerah Tangkapan Air (DTA) waduk sehingga kuantitas dan kualitas air yang akan menjadi *inflow* Waduk Batuteги tetap terjaga.

### REFERENSI

- Ardana, J. V., Nugroho, S. S., Santosa, B., & Hartanto, D. (2021). Studi Perencanaan Pola Operasi Waduk Randugunting Kabupaten Blora, Provinsi Jawa Tengah Guna Kebutuhan Air Irigasi. *G-Smart*, 5(1), 16. <https://doi.org/10.24167/gsmart.v5i1.2889>
- Balai Besar Wilayah Sungai Mesuji Sekampung. (2017). Studi Pola Operasi Bendungan Batuteги. In *Bandar Lampung* (Issue).
- Direktorat Jendral SDA. (2013). Standar Perencanaan Irigasi. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Farida, R., & Andajani, M. S. (2019). *Simulasi Pola Operasi Waduk Leuwikeris Jawa Barat Simulation of the Operatif Pattern of the Leuwikeris Reservoir in West Java*. April, 199–204.
- Hadhya, R., Jayadi, R., & Pratiwi, E. P. A. (2020). Optimasi Pemanfaatan Air Waduk Tukul Menggunakan Model Simulasi Operasi Waduk Multi Kriteria. *Prosiding Webinar Nasional Teknik Sipil 2020*, 193–200.
- Kementerian PUPR. (2017). Modul Operasi Waduk Pelatihan Alokasi Air. *Pusat Pendidikan Dan Pelatihan Sumber Daya Air Konstruksi*, 67.
- Nugroho, S., Febriamansyah, R., Ekaputra, E. G., & Gunawan, D. (2019). Simulasi Kebutuhan Air Untuk Tanaman Padi Pada Skenario Perubahan Iklim Di Daerah Aliran Sungai Lembang-Sumani. *Jurnal Sumber Daya Air*, 15(1), 15–26. <https://doi.org/10.32679/jsda.v15i1.423>
- Nuramini, T. M. (2017). *Studi Optimasi Pola Pengoperasian Waduk Bajulmati*. 21.
- Panimbang, S. (2020). *REKAYASA Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Lampung*. 24(April), 22–26.

- Samosir, C. S., Soetopo, W., & Yuliani, E. (2015). KEBUTUHAN ENERGI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR ( Studi Kasus Waduk Wonogiri ). *Teknik Pengairan*, 06(1), 108–115.
- Setiawan, A. H., Anwar, N., & Margini, N. F. (2017). Optimasi Pola Tanam Menggunakan Program Linier (Waduk Batu Tegi, Das Way Sekampung, Lampung). *Jurnal Hidroteknik*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.12962/jh.v2i1.4402>
- Setiyoko, D., Susilo, G. E., & Zakaria, A. (2013). Optimasi Waduk Regulating Dam di Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung. *Jurnal Rekayasa*, 19(1), 1–12.
- Setyono, E., & Rudianto, A. S. (2019). Alternatif Pola Operasi Embung Sukodono Kecamatan Panceng Kabupaten Gresik Untuk Kebutuhan Air Baku Dan Air Irigasi. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 17(1). <https://doi.org/10.22219/jmts.v17i1.7537>
- Susanto, H., & Yosnanto, Y. (2017). Analisis Keandalan Tampungan Waduk Molintogupo untuk Kebutuhan Air Baku di Kabupaten Bone Bolango Provinsi Gorontalo. *Teknik Sipil Itenas*, 3(4), 127. <https://ejournal.itenas.ac.id/index.php/rekaracana/article/view/1736>
- Susilo, G. E., Wahono, E. P., Sukaraja, B., Lampung, K., Sukaraja, B., & Timur, K. L. (2016). Simulasi Waduk Sukaraja III , Kecamatan Margatiga , Kabupaten Lampung Timur. *Simulasi Waduk Sukaraja III , Kecamatan Margatiga , Kabupaten Lampung Timur*, 4(3), 381–396.

