

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Metode *ripple*

1. Debit *inflow*

Data debit *inflow* yang dipakai adalah rata-rata per bulan, pada tahun 2010 sampai 2014 untuk lebih jelasnya bisa di lihat pada tabel 5.1

Tabel 5.1 Debit *inflow* per bulan juta m³

2010	2011	2012	2013	2014
3.223	10.234	12.071	9.613	11.896
6.094	10.282	11.687	7.343	8.450
4.852	8.000	6.032	6.475	6.010
6.104	8.419	4.192	6.657	7.835
7.912	7.389	1.167	6.214	1.583
3.486	0.364	0.523	6.787	1.553
2.858	0.295	0.227	2.991	1.013
2.149	0.005	0.016	0.071	0.078
5.829	0.022	0.014	0.044	0.049
8.820	0.022	1.107	3.108	0.211
6.906	9.928	6.621	8.780	12.276
6.249	8.310	13.483	8.623	14.360

Sumber: BBWS Serayu-Opak

Dari tabel 5.1 bisa dilihat debit *inflow* per bulan yang masuk ke dalam waduk sermo selama tahun 2010 sampai 2014 sangat bervariasi per tahun nya, karena dipengaruhi oleh faktor alam dan kondisi sungai di bagian hilir.

2. Debit *Outflow*

Data yang dipakai adalah data debit *Outflow* per bulan yang didapat dari BBWS Serayu-Opak dengan data yang dipakai adalah selama 60 bulan.

Tabel 5.2 Debit *Outflow* per bulan juta m³

2010	2011	2012	2013	2014
3.183	4.372	3.144	4.610	4.752
1.504	2.437	2.259	4.476	3.470
2.978	4.606	3.735	3.265	3.868
5.434	6.481	5.426	6.368	5.642
6.317	5.272	3.791	4.645	4.439
4.883	4.971	4.702	5.725	4.679
0.671	0.481	0.472	0.732	0.634
1.386	1.491	1.518	1.704	1.612
3.764	2.831	2.670	2.964	3.583
5.011	2.334	2.202	2.436	4.692
6.085	5.954	5.957	6.876	6.108
5.990	4.242	3.209	4.187	3.178

Sumber: BBWS Serayu-Opak

Dari tabel 5.2 dapat dilihat bahwa air yang keluar dari waduk cenderung beragam per tahunnya dan nilai tertinggi aliran yang keluar waduk terdapat pada bulan maret 2011 dengan 6.481 juta m³

3. Analisis kebutuhan air

Analisa data kebutuhan irigasi menggunakan hasil analisis (Rakasani, 2017) dalam kebutuhan irigasi waduk sermo. Dengan total suplai untuk daerah area irigasi 7.152 Ha dan ditambah dengan kebutuhan air untuk air minum sesuai dengan data teknis waduk yaitu 150 liter/det. Dengan hasil analisis kebutuhan air waduk sermo seperti pada tabel 5.3

Tabel 5.3 contoh hasil analisis kebutuhan air pada tahun 2010

Tahun	Kebutuhan air (irigasi + PDAM) juta m ³
2010	2.769
	1.405
	2.599
	4.314
	3.168
	3.713
	0.150
	1.170
	2.512
	2.030
	4.496
	2.347

Sumber: Analisis perhitungan

Kebutuhan air pada waduk sermo sesuai dengan rencana awal pengoperasiannya untuk irigasi sawah dan kebutuhan air minum, maka dalam penelitian ini untuk draft kebutuhan terdiri dari jumlah kebutuhan irigasi dan jumlah kebutuhan air minum dalam setiap bulan dan berpengaruh untuk masukan Q out dalam perhitungan *ripple*.

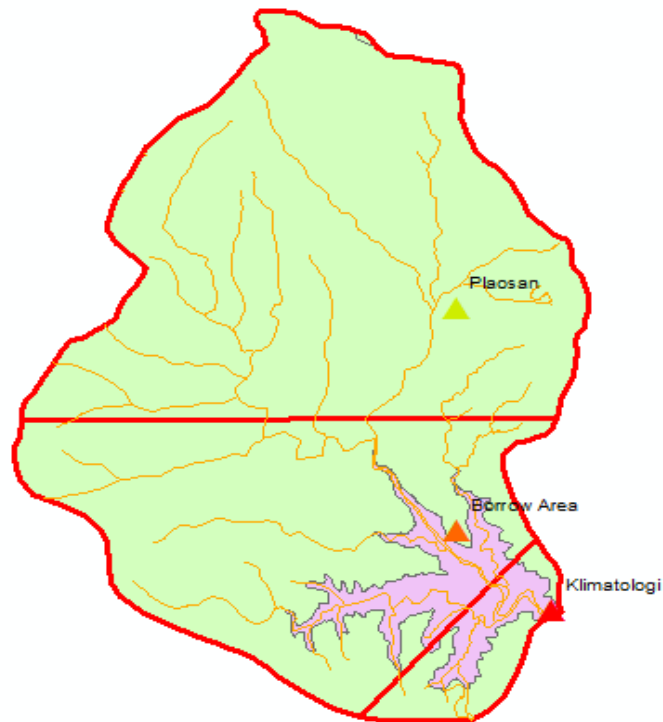
4. Analisis hujan rata – rata

Stasiun hujan yang dipakai untuk tinjauan penelitian yaitu stasiun klimatologi, stasiun borrow area, dan stasiun plaosan. *Polygon Thiessen* pada sub DAS dan stasiun – stasiun hujan yang berpengaruh terhadap daerah tangkapan dapat dilihat pada Gambar 5.1. Dari *Polygon Thiessen* yang disajikan pada Gambar 5.4

Tabel 5.4 Luasan *Polygon Thiessen* Sub DAS Ngrancah

Stasiun	Luas
Stasiun Klimatologi	1.24 km ²
Stasiun Borrow Area	8.17 km ²
Stasiun Plaosan	12.10 km

Sumber : Analisis perhitungan

Gambar 5.1 *Polygon Thiessen* Sub DAS Ngrancah

Berdasarkan perbaikan data curah hujan dari tahun 2007 s/d 2016, data curah hujan tersebut dianalisis lebih lanjut ke hujan rerata menggunakan Metode *Polygon Thiessen*. Hujan Rerata dengan Metode *Polygon Thiessen* menggunakan persamaan (3.1) sebagai berikut :

$$\bar{p} = \frac{1.24 \cdot 2.4 + 8.17 \cdot 0.8 + 12.10 \cdot 0}{21.5}$$

$$\bar{p} = 0.4 \text{ mm/hari}$$

Pada perhitungan hujan rerata diatas didapat hujan rerata sebesar 0.4 mm/hari pada tanggal 1 januari 2007. Hasil perhitungan hujan rerata dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.5 Hasil Perhitungan Hujan Rerata Tahun 2007

Tanggal	TAHUN 2007											
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	0.4	0.0	0.0	24.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	76.8	0.0
2	0.0	0.0	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8
3	0.0	3.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.9	1.9
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.1
6	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0
7	0.0	0.0	0.0	13.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.4
9	0.0	3.2	0.0	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
10	0.0	0.0	0.0	15.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	0.2
11	0.0	0.0	0.0	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	27.8
12	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	35.0
13	0.0	0.0	1.9	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.4	38.6
14	0.0	0.0	0.0	30.7	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
15	0.0	21.2	0.0	6.4	12.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.8
16	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	72.3
17	0.0	11.1	0.0	84.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	1.8	0.0	16.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
19	0.6	61.6	0.0	56.4	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.6
20	0.4	0.2	30.1	19.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
21	0.6	0.0	2.6	11.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7
22	0.1	0.3	40.9	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4
23	8.8	0.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9
24	0.0	15.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
25	0.0	12.9	0.2	16.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4
26	1.1	0.0	9.9	8.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	0.3	48.8	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.2
28	0.0	0.0	16.4	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0
29	0.0		0.3	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0
30	0.0		0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	0.0	81.6
31	0.0		1.2		0.0		0.0	0.0		4.7		0.2
Jumlah	14.2	178.5	127.2	311.7	19.2	0.5	0.0	0.0	0.0	29.8	121.4	349.9

Sumber: Hasil analisis

5. Analisis Evapotranspirasi

Pada analisis evapotranspirasi potensial (ET_0) dalam penelitian ini menggunakan 2 (dua) metode perhitungan yaitu *Metode Penman Modifikasi* dan *Metode Thornthwaite*. Dalam perhitungan evapotranspirasi ini menggunakan data klimatologi.

a. Analisis Evapotranspirasi *Metode Penman Modifikasi*

Data yang diperoleh diketahui kondisi klimatologi tanggal 1 januari tahun 2007 sebagai berikut :

- 1) Menghitung kecepatan angin (U) (knots) menggunakan persamaan (3.2) sebagai berikut :

$$U = 41.60 \times 0.02589$$

$$= 1.08 \text{ knots}$$

- 2) Menghitung fungsi kecepatan angin $f(U)$ menggunakan persamaan (3.3) sebagai berikut :

$$f(U) = 0.27 \left(1 + \frac{41.60}{100} \right)$$

$$= 0.38$$

- 3) Menghitung tekanan uap (ea) menggunakan Tabel berdasarkan nilai suhu (t) menggunakan persamaan (3.4) sebagai berikut :

$$ea = 33.6 - \left(\frac{26-25.15}{26-25} \right) (33.6 - 31.7)$$

$$= 31.99 \text{ mbar}$$

- 4) Menghitung tekanan uap aktual (ed) menggunakan persamaan (3.5) sebagai berikut :

$$ed = 31.99 \times \left(\frac{62.31}{100} \right)$$

$$= 19.93$$

- 5) Menghitung perbedaan tekanan uap ($ea - ed$) sebagai berikut :

$$(ea - ed) = 31.99 - 19.93$$

$$= 12.06$$

- 6) Menghitung faktor pembobot (W) berdasarkan data suhu dan ketinggian pos stasiun sebagai berikut :

- 7) Pada suhu 24°C ketinggian 0 m = 0.73 dan 500 m = 0.74 menggunakan Tabel pada Lampiran. Dicari nilai W suhu 24°C untuk ketinggian pos 141.877 m menggunakan interpolasi :

$$W = 0.74 - \left(\frac{500-141.877}{500-0} \right) (0.74 - 0.73)$$

$$= 0.733$$

- 8) Dari perhitungan diatas didapatkan nilai W 24°C pada ketinggian pos 141.877 m sebesar 0.733.

- 9) Pada suhu 26°C ketinggian 0 m = 0.75 dan 500 m = 0.76 menggunakan Tabel pada Lampiran. Dicari nilai W suhu 26°C untuk ketinggian pos 141.877 m menggunakan interpolasi :

$$W = 0.76 - \left(\frac{500-141.877}{500-0} \right) (0.76 - 0.75)$$

$$= 0.753$$

- 10) Dari perhitungan diatas didapatkan nilai W 26°C pada ketinggian pos 141.877 m sebesar 0.753.

11) Setelah mendapatkan nilai W pada suhu 24°C dan 26°C pada ketinggian 141.877, lalu mencari nilai W suhu 25.15°C untuk ketinggian pos 141.877 m menggunakan interpolasi :

$$\begin{aligned} W &= 0.753 - \left(\frac{26-25.15}{26-24}\right)(0.753 - 0.733) \\ &= 0.74 \end{aligned}$$

12) Jadi dari perhitungan diatas didapatkan nilai W pada suhu 25.15°C sebesar 0.74 yang digunakan dalam perhitungan evapotranspirasi.

13) Menghitung $(1 - W)$ sebagai berikut :

$$\begin{aligned} (1 - W) &= 1 - 0.74 \\ &= 0.26 \\ &= 0.26 \end{aligned}$$

14) Menghitung posisi lintang (*latitude*) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Letak lintang utara } 7^{\circ} 51' 23'' \text{ LU} &= 7 + \left(\frac{51}{60}\right) + \left(\frac{23}{3600}\right) \\ &= 7.86 \end{aligned}$$

15) Menghitung radiasi lapisan atas atmosfer (R_a) berdasarkan posisi lintang (*latitude*) :

$$\begin{aligned} R_a &= 16.1 - \left(\frac{8-7.86}{8-6}\right)(16.1 - 15.8) \\ &= 16.08 \end{aligned}$$

16) Menghitung radiasi matahari ke bumi (R_s) menggunakan persamaan (3.6) sebagai berikut ini :

$$\begin{aligned} R_s &= (0.25 + 0.5 \times 30.36) 16.08 \\ &= 6.46 \end{aligned}$$

17) Menghitung radiasi bersih gelombang pendek matahari (R_{ns}) menggunakan persamaan (3.7) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} R_{ns} &= (1 - 0.25) 6.46 \\ &= 4.85 \end{aligned}$$

18) Menghitung pengaruh temperatur $f(T)$ sebagai berikut :

$$\begin{aligned} f(T) &= 15.9 - \left(\frac{26-25.15}{26-24}\right)(15.9 - 15.4) \\ &= 15.69 \end{aligned}$$

19) Menghitung pengaruh tekanan uap $f(e_d)$ menggunakan persamaan (3.8) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} f(ed) &= 0.34 - 0.044 \sqrt{19.93} \\ &= 0.14 \end{aligned}$$

20) Menghitung pengaruh persentase penyinaran matahari $f(n/N)$ menggunakan persamaan (3.9) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} f(n/N) &= 0.1 + 0.9 \times 62.31 \\ &= 0.37 \end{aligned}$$

21) Menghitung radiasi bersih gelombang panjang (R_{nl}) menggunakan persamaan (3.10) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} R_{nl} &= 15.69 \times 0.14 \times 0.37 \\ &= 0.84 \end{aligned}$$

22) Menghitung radiasi bersih (R_n) menggunakan persamaan (3.11) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} R_n &= 4.85 - 0.84 \\ &= 4.00 \end{aligned}$$

23) Menghitung kecepatan angin (U) (m/dtk) menggunakan persamaan (3.12) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} U &= 1.08 \times 0.447041 \\ &= 0.48 \end{aligned}$$

24) Menghitung evapotranspirasi potensial (ET_o) menggunakan persamaan (3.14) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} ET &= 1.10 \times (0.74 \times 4.00 + (0.26)) \times (12.06) \times (0.38) \\ &= 4.58 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Pada analisis evapotranspirasi menggunakan *Metode Penman Modifikasi* mendapatkan nilai evapotranspirasi potensial (ET_o) sebesar 4.58 mm/hari pada tanggal 1 Januari 2007. Hasil analisis evapotranspirasi potensial menggunakan *Metode Penman Modifikasi* pada bulan Januari 2007 dapat dilihat pada Tabel 5.3

Tabel 5.6 Hasil Analisis Evapotranspirasi Potensial *Metode Penman Modifikasi*

Besaran	Juni																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Temperatur, t (C)	25.15	25.38	25.62	25.69	25.54	25.69	25.38	25.92	26.85	26.77	25.77	26.85	26.85	26.92	25.69	26.08	26.08	26.31	24.77	23.69	24.38	26.08	25.31	25.08	26.77	26.85	27.31	27.38	26.85	24.92	24.85
Kec. Angin, U (m/s)	1.08	0.62	0.26	0.25	0.38	0.37	0.41	0.56	0.24	0.41	0.46	0.39	0.43	0.39	0.35	0.30	0.19	0.13	0.12	0.19	0.16	0.17	0.27	0.21	0.25	0.24	0.38	0.39	0.28	0.23	0.28
Kec. Angin, U (km/hr)	41.60	23.90	10.00	9.80	14.80	14.40	16.00	21.70	9.20	15.80	17.80	15.20	16.80	14.90	13.50	11.70	7.30	4.90	4.70	7.40	6.10	6.70	10.50	8.00	9.70	9.40	14.80	15.20	10.90	8.90	11.00
ρ(1-0.12)(1-0.10)	0.38	0.33	0.30	0.30	0.31	0.31	0.31	0.33	0.29	0.31	0.32	0.31	0.32	0.31	0.31	0.30	0.29	0.28	0.28	0.29	0.29	0.29	0.30	0.29	0.30	0.29	0.31	0.31	0.30	0.29	0.30
Sunshine, n(%)	30.36	21.73	62.89	67.48	7.70	63.30	8.77	74.90	65.86	67.07	76.60	76.92	70.18	75.03	77.87	75.49	70.35	68.32	16.64	9.74	46.00	41.13	19.62	15.02	78.46	75.49	71.97	61.82	69.67	17.45	51.41
RFI (%)	62.31	64.85	65.08	64.23	68.92	67.62	63.08	63.46	59.31	59.54	63.00	60.92	65.15	65.92	66.08	66.00	64.69	67.54	77.77	80.31	78.08	75.15	75.85	74.31	67.38	68.31	67.00	66.46	66.62	74.15	70.69
ra (mm/hr) (Tabel)	31.99	32.43	32.87	33.02	32.72	33.02	32.43	33.45	35.38	35.22	33.16	35.38	35.38	35.54	33.02	33.76	34.25	31.26	29.28	30.53	33.76	32.28	31.85	35.22	35.38	36.35	36.51	35.38	31.55	31.41	
ed+es+RFI100	19.93	21.03	21.39	21.21	22.55	22.32	20.46	21.23	20.98	20.97	20.89	21.55	23.05	23.43	21.82	22.28	21.84	23.13	24.31	23.51	23.84	25.37	24.49	23.66	23.73	24.17	24.35	24.26	23.57	23.40	22.20
es - ed	12.06	11.40	11.48	11.81	10.69	11.97	12.22	14.40	14.25	12.27	13.82	12.33	12.11	11.20	11.48	11.92	11.12	6.95	5.77	6.69	8.39	7.80	8.18	11.49	11.21	11.99	12.24	11.81	8.16	9.20	
W (Tabel)	0.74	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.76	0.76	0.75	0.76	0.76	0.76	0.75	0.75	0.75	0.76	0.74	0.73	0.74	0.75	0.75	0.74	0.76	0.76	0.77	0.77	0.76	0.74	0.74
1-W	0.26	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.25	0.25	0.25	0.24	0.26	0.27	0.26	0.25	0.26	0.24	0.24	0.23	0.23	0.24	0.26	0.26	
Ra (Tabel)	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08	16.08
Rn=(0.25-0.15n)Ra	6.46	5.77	9.08	9.44	4.64	9.11	4.72	10.04	9.31	9.41	10.18	10.20	9.66	10.05	10.28	10.09	9.68	9.51	5.36	4.80	7.72	7.33	5.60	5.23	10.33	10.09	9.81	8.99	9.62	5.42	8.15
Rns=(1-α)Rn; α=0.23	4.85	4.32	6.81	7.08	3.48	6.83	3.54	7.53	6.99	7.06	7.63	7.65	7.25	7.54	7.71	7.57	7.26	7.13	4.02	3.60	5.79	5.49	4.20	3.92	7.75	7.57	7.35	6.74	7.22	4.07	6.11
RT (Tabel)	15.69	15.75	15.80	15.82	15.78	15.82	15.75	15.88	16.07	16.05	15.84	16.07	16.07	16.08	15.82	15.92	15.92	15.96	15.59	15.34	15.50	15.92	15.73	15.67	16.05	16.07	16.16	16.18	16.07	15.63	15.61
Rd=0.34-0.04 T _{ed}	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.13	0.13	0.12	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.13
Rn _{net} =Rn-Rd	0.37	0.30	0.67	0.71	0.17	0.67	0.18	0.77	0.69	0.70	0.79	0.79	0.73	0.78	0.80	0.78	0.73	0.71	0.25	0.19	0.51	0.47	0.28	0.24	0.81	0.78	0.75	0.66	0.73	0.26	0.56
Rnl=0.75(Rn _{net} /n)	0.84	0.64	1.44	1.54	0.35	1.40	0.40	1.69	1.54	1.56	1.74	1.73	1.51	1.58	1.70	1.64	1.57	1.47	0.48	0.36	1.00	0.89	0.53	0.46	1.63	1.55	1.48	1.31	1.48	0.51	1.17
Rn-Rnl-Rd	4.00	3.68	5.37	5.55	3.13	5.43	3.15	5.84	5.44	5.49	5.90	5.92	5.73	5.95	6.01	5.93	5.69	5.67	3.54	3.24	4.79	4.61	3.67	3.46	6.12	6.02	5.87	5.43	5.74	3.56	4.95
U (mm/hr)	0.48	0.28	0.12	0.11	0.17	0.17	0.19	0.25	0.11	0.18	0.21	0.18	0.19	0.17	0.16	0.14	0.08	0.06	0.05	0.09	0.07	0.08	0.12	0.09	0.11	0.11	0.17	0.18	0.13	0.10	0.13
U _{max} U (mm/hr)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
C (mm/m)	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
ET _o	4.58	4.09	5.37	5.54	3.45	5.29	3.63	5.93	5.67	5.77	5.94	6.09	5.82	5.97	5.90	5.85	5.65	5.56	3.44	3.10	4.44	4.48	3.66	3.50	6.02	5.91	5.90	5.56	5.73	3.58	4.82

Sumber : Analisis perhitungan

b. Analisis evapotranspirasi *Metode Thornthwaite*

Untuk analisis evapotranspirasi potensial (*ET_o*) menggunakan *Metode Thornthwaite* memanfaatkan suhu udara sebagai indeks ketersediaan energi

1) Menghitung indeks panas pertahun. Perhitungan menggunakan data suhu udara klimatologi tanggal 1 November 2010 dan menggunakan persamaan (3.16) sebagai berikut :

$$I = \sum_{m=1}^{12} \left[\frac{26.00}{5} \right]^{1.514} = 12.13$$

2) Menghitung nilai (α) sebagai berikut :

$$\alpha = (675 \times 10^{-9} \times 12.13^3) - (771 \times 10^{-7} \times 12.13^2) + (179 \times 10^{-4} \times 12.13) + (492 \times 10^{-3}) = 0.7$$

3) Menghitung evapotranspirasi potensial (*ET*) menggunakan persamaan (3.15) sebagai berikut :

$$ET = 1.62 \left[\frac{10.Tx 26.00}{12.13} \right]^{0.7} = 13.80 \text{ mm}$$

4) Menghitung faktor pengkali (f) berdasarkan Tabel 3.5 menggunakan interpolasi sebagai berikut :

$$f = 1.00 - \left(\frac{10-7.86}{10-5} \right) (1.00 - 1.01)$$

$$= 1.01$$

- 5) Menghitung evapotranspirasi potensial (ET) koreksi menggunakan persamaan (3.20) sebagai berikut :

$$ET = 1.01 \times 13.80$$

$$= 13.53 \text{ mm/hari}$$

Perhitungan evapotranspirasi menggunakan *Metode Thornthwaite* di atas mendapatkan nilai evapotranspirasi potensial (ET_0) sebesar 14.53 mm/hari pada tanggal 1 November 2010. Hasil analisis evapotranspirasi potensial menggunakan *Metode Thornthwaite* pada bulan November 2007 dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Hasil Analisis Evapotranspirasi Potensial Metode *Thornthwaite*

Hari	Tm (°C)	I	A	ET (mm)	Faktor Penggali	ET Koreksi (mm/hr)
1	26,00	12,13	0,70	13,80	0,98	13,53
2	26,50	12,49	0,70	13,95	0,98	13,67
3	26,50	12,49	0,70	13,95	0,98	13,67
4	25,50	11,78	0,69	13,65	0,98	13,38
5	26,00	12,13	0,70	13,80	0,98	13,53
6	26,50	12,49	0,70	13,95	0,98	13,67
7	26,50	12,49	0,70	13,95	0,98	13,67
8	26,50	12,49	0,70	13,95	0,98	13,67
9	25,50	11,78	0,69	13,65	0,98	13,38
10	25,50	11,78	0,69	13,65	0,98	13,38
11	26,00	12,13	0,70	13,80	0,98	13,53
12	25,00	11,44	0,69	13,51	0,98	13,24
13	26,00	12,13	0,70	13,80	0,98	13,53
14	26,00	12,13	0,70	13,80	0,98	13,53
15	25,00	11,44	0,69	13,51	0,98	13,24
16	26,50	12,49	0,70	13,95	0,98	13,67
17	26,00	12,13	0,70	13,80	0,98	13,53
18	25,50	11,78	0,69	13,65	0,98	13,38
19	25,50	11,78	0,69	13,65	0,98	13,38
20	26,00	12,13	0,70	13,80	0,98	13,53
23	26,00	12,13	0,70	13,80	0,98	13,53
24	26,00	12,13	0,70	13,80	0,98	13,53
25	26,50	12,49	0,70	13,95	0,98	13,67
26	25,50	11,78	0,69	13,65	0,98	13,38
27	26,00	12,13	0,70	13,80	0,98	13,53

Hari	Tm (°C)	I	A	ET (mm)	Faktor Penggali	ET Koreksi (mm/hr)
28	26,00	12,13	0,70	13,80	0,98	13,53
29	26,50	12,49	0,70	13,95	0,98	13,67
30	26,50	12,49	0,70	13,95	0,98	13,67

Sumber : Hasil analisis perhitungan

6. Analisis Kapasitas waduk

Sejak beroperasinya waduk sermo pada tahun 1996 hingga 2014, ketersediaan volume total yang tertampung didalam waduk cenderung mengalami penurunan, hal ini tidak terlepas dari semakin terisinya tampungan volume mati yang kemudian berimbas pada penurunan volume efektif yang tertampung dalam waduk. Berdasarkan data analisa sonding dari BBWS Serayu-Opak dapat kita lihat perubahan setiap tahunnya pada tabel 5.8

Tabel 5.8 volume kapasitas waduk sermo dan laju sedimen

THN (AWAL)	PADA EL. 113.7		PADA EL. 136.6		DIATAS DS
	VOL (m ³)	SD RT ² /TH	VOL (m ³)	SD RT ² /TH	SD RT ² /TH
1996	2.837.840		25.106.000		
1997	2.807.573	30.268	21.896.327	402.100	371.833
1998	2.777.305	30.268	21.524.495	402.100	371.833
1999	2.747.038	30.268	21.152.662	402.100	371.833
2000	2.716.770	30.268	23.497.600	402.100	371.833
2001	2.200.290	516.480	22.085.250	1,412.350	895.870
2002	1.683.810	516.480	20.672.900	1,412.350	895.870
2003	1.677.415	6.395	20.127.550	545.350	538.955
2004	1.671.020	6.395	19.582.200	545.350	538.955
2005	1.000.460	670.560	19.442.600	139.600	-530.960
2006	1.748.290	-747.830	19.248.400	194.200	942.030
2007	1.562.900	185.390	19.193.400	55.000	-130.390
2008	1.694.580	-131.680	19.188.200	5.200	136.880
2009	1.761.220	-66.640	19.980.100	-791.900	-725.260
2009	1.827.080	-65.860	19.925.100	55.000	120.860
2010	1.508.900	318.180	19.122.200	802.900	484.720
2011	1.381.280	127.620	19.008.900	113.300	-14.320
2011	1.579.858	-198.578	21.547.241	-2.538.341	-2.339.763
2012	1.393.890	185.968	20.167.300	1.379.941	1.193.973
2013	1.591.070	-197.180	20.186.500	-19.200	177.980
2014	1.499.020	92.050	19.884.900	301.600	209.550

Sumber: BBWS- Serayu Opak

Dari tabel 5.8 dapat di analisa bahwa elevasi 113,7 adalah elevasi muka air minimum dari waduk sermo dan mewakili jumlah volume mati yang tertampung di dalamnya, jumlah sedimen yang masuk ke waduk dapat diketahui dengan indikasi semakin terisinya tampungan volume mati. Sedangkan elevasi 136,60 adalah elevasi normal atau puncak dari spillway

waduk sermo yang mewakili jumlah volume total yang tertampung dari waduk sermo. Dari awal beroperasinya laju sedimen endapan di tampungan mati memang sangat tinggi, akan tetapi pada tahun 2006, 2008, 2009, 2011 dan 2013 mengalami pengurangan jumlah sedimen hal ini terjadi karena di bukanya pintu pengambilan yang mengakibatkan sedimen yang mengendap terangkat dan terdorong keluar ke hulu melalui intake sedangkan pengurangan sedimen di atas tampungan mati biasanya terjadi saat di hulu terjadi banjir dan pintu pengambilan di buka. Sebenarnya waduk sermo memiliki Bangunan Pengendali Sedimen yang berada di sungai penyuplai air, dan setiap tahunnya di adakan pemeliharaan rutin pengerukan sedimen di tampungan sedimen sungai tersebut, akan tetapi pada waktu sungai dalam keadaan banjir maka akan terbawa sedimen yang cukup banyak masuk ke dalam waduk. Pada tahun 2011 dilakukan monitor 2 kali sebagai pembanding karena sedimentasi tahun 2012 terflashing 12,610 m³ jika dibandingkan monitoring 2011

Karena volume total dan volume mati sudah diketahui maka untuk mencari volume efektif waduk dengan persamaan

$$\text{VOLUME TOTAL} = \text{VOLUME EFEKTIF} + \text{VOLUME MATI}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 5.9 volume tampungan kapasitas waduk sermo

tahun	volume mati (m ³)	volume efektif (m ³)	volume total (m ³)
1996	2.837.840	22.268.160	25.106.000
1997	2.807.573	21.896.327	24.703.900
1998	2.777.305	21.524.495	24.301.800
1999	2.747.038	21.152.662	23.899.700
2000	2.716.770	20.780.830	23.497.600
2001	2.200.290	19.884.960	22.085.250
2002	1.683.810	18.989.090	20.672.900
2003	1.677.415	18.995.485	20.672.900
2004	1.671.020	17.911.180	19.582.200
2005	1.000.460	18.442.140	19.442.600
2006	1.748.290	17.500.110	19.248.400
2007	1.562.900	17.630.500	19.193.400
2008	1.694.580	17.493.620	19.188.200
2009	1.761.220	18.218.880	19.980.100

tahun	volume mati (m ³)	volume efektif (m ³)	volume total (m ³)
2009	1.827.080	18.098.020	19.925.100
2010	1.508.900	17.613.300	19.122.200
2011	1.381.280	17.627.620	19.008.900
2011	1.579.858	19.967.383	21.547.241
2012	1.393.890	18.773.410	20.167.300
2013	1.591.070	18.595.430	20.186.500
2014	1.499.020	18.385.880	19.884.900

Sumber: Hasil analisis

Jika dilihat dari tabel 5.9 pada tahun 2014 volume efektif waduk sermo mengalami penurunan 17,43 % dari tampungan awal dengan selisish 3,882,280 m³ dan kapasitas volume mati sudah terpakai 52,82% dengan sedimen mencapai 1,499,020 m³. Dalam *metode ripple* ini volume efektif digunakan sebagai volume kapasitas maksimal yang tertampung dalam waduk, jika melebihi angka volume efektif, maka waduk dinyatakan melimpas. Sedangkan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah pada tahun 2010, 2011, 2012, 2013 dan 2014

Dari hasil perhitungan menggunakan *Metode Ripple* dengan persamaan (3.18) diketahui kapasitas waduk per bulan dan kegagalan waduk dalam memenuhi kebutuhannya seperti pada tabel 5.10

Tabel 5.10 Analisis metode *ripple* (1 x 10⁶ m³)

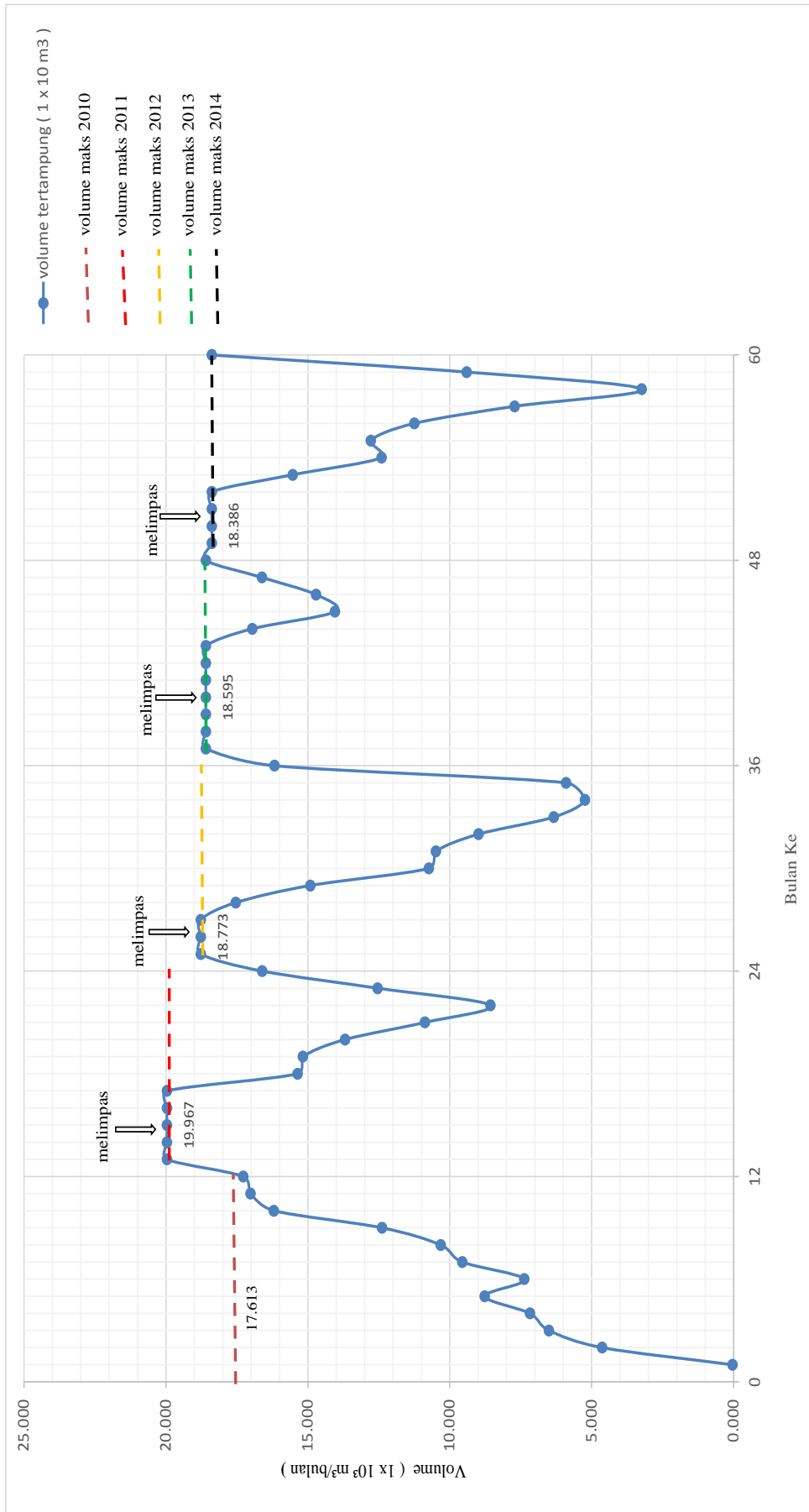
No	Tahun	Bulan ke	Q inp	Q out	perubahan tampungan (Δs)	volume tertampung	kapasitas waduk efektif	keterangan	volume limpasan
1	2010	1	3.223	3.183	0.040	0.040	17.613		
2		2	6.094	1.504	4.590	4.629	17.613		
3		3	4.852	2.978	1.874	6.503	17.613		
4		4	6.104	5.434	0.670	7.174	17.613		
5		5	7.912	6.317	1.595	8.769	17.613		
6		6	3.486	4.883	-1.397	7.372	17.613		
7		7	2.858	0.671	2.187	9.560	17.613		
8		8	2.149	1.386	0.763	10.322	17.613		
9		9	5.829	3.764	2.065	12.387	17.613		
10		10	8.820	5.011	3.809	16.196	17.613		
11		11	6.906	6.085	0.821	17.017	17.613		
12		12	6.249	5.990	0.259	17.277	17.613		
13	2011	1	10.234	4.372	5.862	19.967	19.967	limpas	3.171
14		2	10.282	2.437	7.845	19.967	19.967	limpas	7.845

No	Tahun	Bulan ke	Q inp	Q out	perubahan tampungan (Δs)	volume tertampung	kapasitas waduk efektif	keterangan	volume limpasan
15		3	8.000	4.606	3.394	19.967	19.967	limpas	3.394
16		4	8.419	6.481	1.938	19.967	19.967	limpas	1.938
17		5	7.389	5.272	2.117	19.967	19.967	limpas	2.117
18		6	0.364	4.971	-4.607	15.360	19.967		
19		7	0.295	0.481	-0.186	15.174	19.967		
20		8	0.005	1.491	-1.486	13.688	19.967		
21		9	0.022	2.831	-2.809	10.878	19.967		
22		10	0.022	2.334	-2.312	8.566	19.967		
23		11	9.928	5.954	3.974	12.540	19.967		
24		12	8.310	4.242	4.068	16.608	19.967		
25	2012	1	12.071	3.144	8.927	18.773	18.773	limpas	6.762
26		2	11.687	2.259	9.428	18.773	18.773	limpas	9.428
27		3	6.032	3.735	2.297	18.773	18.773	limpas	2.297
28		4	4.192	5.426	-1.234	17.539	18.773		
29		5	1.167	3.791	-2.624	14.916	18.773		
30		6	0.523	4.702	-4.179	10.737	18.773		
31		7	0.227	0.472	-0.245	10.491	18.773		
32		8	0.016	1.518	-1.502	8.989	18.773		
33		9	0.014	2.670	-2.656	6.333	18.773		
34		10	1.107	2.202	-1.095	5.238	18.773		
35		11	6.621	5.957	0.664	5.902	18.773		
36		12	13.483	3.209	10.274	16.176	18.773		
37	2013	1	9.613	4.610	5.003	18.595	18.595	limpas	2.583
38		2	7.343	4.476	2.867	18.595	18.595	limpas	2.867
39		3	6.475	3.265	3.210	18.595	18.595	limpas	3.210
40		4	6.657	6.368	0.289	18.595	18.595	limpas	0.289
41		5	6.214	4.645	1.569	18.595	18.595	limpas	1.569
42		6	6.787	5.725	1.062	18.595	18.595	limpas	1.062
43		7	2.991	0.732	2.259	18.595	18.595	limpas	2.259
44		8	0.071	1.704	-1.633	16.963	18.595		
45		9	0.044	2.964	-2.920	14.043	18.595		
46		10	3.108	2.436	0.672	14.715	18.595		
47		11	8.780	6.876	1.904	16.619	18.595		
48		12	8.623	4.187	4.436	18.595	18.595	limpas	2.460
49	2014	1	11.896	4.752	7.144	18.386	18.386	limpas	7.354
50		2	8.450	3.470	4.980	18.386	18.386	limpas	4.980
51		3	6.010	3.868	2.143	18.386	18.386	limpas	2.143
52	2014	4	7.835	5.642	2.193	18.386	18.386	limpas	2.193
53		5	1.583	4.439	-2.856	15.530	18.386		

No	Bulan ke	Q inp	Q out	perubahan tampungan (Δs)	volume tertampung	kapasitas waduk efektif	keterangan	volume limpasan
55	7	1.013	0.634	0.379	12.783	18.386		
56	8	0.078	1.612	-1.534	11.249	18.386		
57	9	0.049	3.583	-3.534	7.715	18.386		
58	10	0.211	4.692	-4.481	3.233	18.386		
59	11	12.276	6.108	6.168	9.401	18.386		
60	12	14.360	3.178	11.182	18.386	18.386	limpas	2.198

Sumber: Hasil analisis

Pada tabel 5.10 terlihat pada tahun 2010 tidak ada kegagalan yang terjadi dengan volume kapasitas sebesar 17.613.300 m³, tahun 2011 terjadi 5 kali kegagalan dengan volume kapasitas sebesar 19.967.383 m³, tahun 2012 terjadi 3 kali kegagalan dengan volume sebesar 19.967.383 m³, tahun 2013 terjadi 8 kali kegagalan atau yang paling banyak dalam 5 tahun dengan volume kapasitas sebesar 18.595.430 m³, hal tersebut dipengaruhi oleh air yang masuk kedalam waduk lebih sedikit karena terjadi pendangkalan sedimen di sungai sungai utama dan pada tahun 2014 terjadi kegagalan 5 kali dengan volume kapasitas sebesar 18.385.880 m³. Untuk lebih jelasnya bisa di lihat pada gambar 5.2



Gambar 5.2 Perubahan volume tampungan

A. Keandalan waduk

Setelah dilakukan analisis dengan metode *ripple*, maka akan diketahui jumlah kegagalan waduk tersebut kemudian setelah itu dilakukan analisis dengan persamaan (3.19). Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada tabel 5.9

Tabel 5.11 Keandalan waduk

Kondisi	Kegagalan (%)	Keandalan (%)	Volume Efektif (1x10 ⁶)
2010	0	100	17,613
2011	8,33	91,67	19,967
2012	5	95	18,773
2013	13,33	86,67	18,595
2014	8,33	91,67	18,386

Sumber: Hasil analisis

Nilai keahandalan waduk sermo pada tahun 2010 adalah 100%, sedangkan pada tahun 2011 nilai keandalannya 91,67% dengan nilai kegagalannya 8,33% , pada tahun 2012 nilai keandalannya 95% dengan nilai kegagalannya 5% pada tahun 2013 adalah 86,67% dengan nilai kegagalannya 8,33% dan pada tahun 2014 adalah 91,67% dengan tingkat kegagalannya adalah 13,33%. Kapasitas waduk pada tahun 2010 sebesar 17.613.300 m³, pada tahun 2011 sebesar 19.967.383 m³, pada tahun 2012 sebesar 19.967.383 m³, pada tahun 2013 sebesar 18.595.430 m³, dan pada tahun 2014 sebesar 18.385.880 m³.