

## PERENCANAAN ULANG VOLUME EMBUNG PUSPORENGGO KECAMATAN MUSUK KABUPATEN BOYOLALI

Joko Susilo<sup>1)</sup>, Didik Kurniawan<sup>2)</sup>  
Totok Apriyanto<sup>2)</sup>, Ratih Pujiastuti<sup>3)</sup>  
Prodi Sipil Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman Guppi  
Email : [jk231108@gmail.com](mailto:jk231108@gmail.com)<sup>1)</sup>, [kurniawandidik1999@gmail.com](mailto:kurniawandidik1999@gmail.com)<sup>2)</sup>,  
[apri.totok@gmail.com](mailto:apri.totok@gmail.com)<sup>3)</sup>, [ratih.adiyanto@gmail.com](mailto:ratih.adiyanto@gmail.com)<sup>4)</sup>

### ABSTRACT

*Pusporenggo Smalldam was built in Pusporenggo Village, Musuk District, Boyolali Regency. This reservoir was built to meet the needs of raw water Pusporenggo Village. The analyzes carried out include: analysis of watershed area, analysis of raw water needs and calculation of reservoir volume. From the analysis, watershed area of Pusporenggo Smalldam is 0.339 km<sup>2</sup> with a river length of 1,281 km. Sediment volume: 15,083.61m<sup>3</sup>, infiltration volume: 26,101.97m<sup>3</sup>, evaporation volume: 1,436.55m<sup>3</sup>, volume of raw water requirement: 104,407.88m<sup>3</sup>. From the volume calculation, it is known that the Pusporenggo Reservoir requires a reservoir volume of: 147.030.00m<sup>3</sup>. As for the initial design, the Pusporenggo Embung is planned with a spillway elevation of +501.50 and a volume of 234.532.60m<sup>3</sup>. It can be concluded that this reservoir can be used to fulfill water requirement for other areas.*

**Keywords:** *Smalldam, Kebutuhan Air, Volume*

### ABSTRAK

*Embung Pusporenggo dibangun di Desa Pusporenggo, Kecamatan Musuk, Kabupaten Boyolali. Embung ini dibangun untuk memenuhi kebutuhan air baku di Desa Pusporenggo. Adapun analisa yang dilakukan antara lain : Analisis luas DAS, analisis kebutuhan air baku, Perhitungan volume embung dan stabilitas tubuh embung. Dari hasil analisa diperoleh luas DAS adalah 0.339 km<sup>2</sup> dengan panjang sungai 1.281 km. Perhitungan volume embung menghasilkan nilai volume sedimen: 15,083.61m<sup>3</sup>, volume infiltrasi: 26,101.97m<sup>3</sup>, volume evaporasi: 1,436.55m<sup>3</sup>, volume kebutuhan air baku: 104,407.88m<sup>3</sup>. Dari perhitungan volume tersebut diketahui bahwa Embung Pusporenggo memerlukan volume sebesar: 147,030.00m<sup>3</sup>. Adapun dari desain awal, Embung Pusporenggo direncanakan dengan elevasi spillway (elv. MAN) pada + 501.50 dan volume sebesar 234,532.60m<sup>3</sup>. Volume desain ini lebih besar dari nilai volume yang dibutuhkan. Dapat disimpulkan bahwa embung ini bisa dimanfaatkan lagi untuk pemenuhan kebutuhan air untuk desa lainnya.*

**Kata Kunci :** *Embung, Water Requirement, Volume*

### PENDAHULUAN

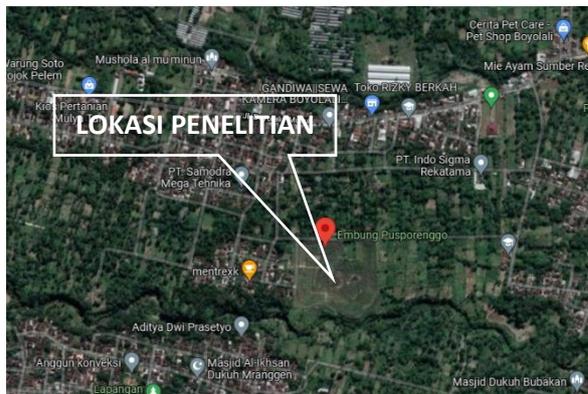
Perkembangan penduduk di Kabupaten Boyolali dari tahun ke tahun terus menunjukkan peningkatan. Tingkat pertumbuhan ekonomi pun relatif cepat,

sehingga kebutuhan akan air juga meningkat. Air baku untuk rumah tangga di Kabupaten Boyolali selama ini memanfaatkan air dari PDAM dan sumur dalam yang jumlahnya terbatas termasuk di wilayah Kecamatan Musuk dan kebutuhan

air untuk tanaman mengandalkan air hujan, hanya sebagian yang sudah menggunakan sistem jaringan irigasi.

Sebagai salah satu implementasi untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka dibangun Embung Pusporenggo. Selain sebagai tampungan air di musim penghujan yang sekaligus dapat mencegah bencana banjir, di musim kemarau air yang ada dapat digunakan secara efisien untuk pemenuhan kebutuhan air baku.

Embung Pusporenggo memperoleh sumber air dari drainase kawasan di hulunya. Jika debit tidak mencukupi, embung ini direncanakan menerima suplesi dari Sungai Gandul. Penelitian ini dilakukan untuk mendesain ulang Embung Pusporenggo dengan menggunakan metode analisis yang berbeda dengan desain sebelumnya. Adapun pada perencanaan, suplesi dari Sungai Gandul tidak dianalisis.



**Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian**

Tujuan penelitian diuraikan sebagai berikut:

1. Menentukan DAS Embung Pusporenggo

2. Menghitung kebutuhan air baku di desa pusporenggo

3. Menentukan volume dan tinggi muka air normal (MAN)

Dari penelitian ini diharapkan diperoleh hasil perbandingan antara perencanaan pertama dengan perencanaan ulang ini.

## LANDASAN TEORI

Embung adalah bangunan artifisial yang berfungsi untuk menampung dan menyimpan air dengan kapasitas volume kecil tertentu, lebih kecil dari kapasitas waduk/bendungan [1]. Embung biasanya dibangun dengan membendung sungai kecil atau dapat dibangun di luar sungai. Kolam embung akan menyimpan air dimusim kemarau untuk memenuhi kebutuhan dengan urutan prioritas, penduduk, ternak, dan kebun atau sawah. Jumlah kebutuhan tersebut akan menentukan tinggi tubuh embung dan kapasitas tampungan embung.

Dalam perencanaan ulang embung terdapat beberapa analisis yang dilakukan antara lain :

- **Delineasi Daerah Aliran Sungai (DAS)**  
Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara

alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan [2].

• **Debit Andalan Metode F.J Mock**

Debit andalan merupakan debit minimal yang sudah ditentukan yang dapat dipakai untuk memenuhi kebutuhan air [3].. Salah satu metode yang digunakan adalah Metode F J. Mock yang dikembangkan khusus untuk perhitungan sungai-sungai di Indonesia.

• **Analisis Kebutuhan Air Baku**

Menurut Ditjen Cipta Karya Tahun 2000 standar kebutuhan air baku ada 2 (dua) macam yaitu [4]:

a. *Standar kebutuhan air domestik*

Standar kebutuhan air domestik yaitu kebutuhan air yang digunakan pada tempat-tempat hunian pribadi untuk memenuhi keperluan sehari-hari seperti memasak, minum, mencuci dan keperluan rumah tangga lainnya. Satuan yang dipakai adalah liter/orang/hari. Kebutuhan air suatu daerah berdasar jumlah penduduk dapat dilihat pada Tabel 1.

b. *Standar kebutuhan air non domestik*

Standar kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air bersih di luar keperluan rumah tangga . Kebutuhan air non domestik antara lain :

- ◆ Penggunaan komersil dan industri
- ◆ Penggunaan umum.

**Tabel 1. Kategori Kebutuhan Air**

No	Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Jiwa					
		> 1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d 500.000	20.000 s/d 100.000	10.000 s/d 20.000	< 10.000
1	Konsumsi sambungan unit rumah tangga (SR) (liter/jiwa/hari)	190	170	130	100	80	30
2	Konsumsi unit hidran umum (HU) (liter/jiwa/hari)	30	30	30	30	30	30
3	Jam operasi	24 jam	24 jam	24 jam	24 jam	24 jam	24 jam
4	Perbandingan pelayanan SR : HU (dalam %)	50 / 50 s/d 80 / 20	50 / 50 s/d 80 / 20	80 / 20	70 / 30	70 / 30	60 / 40

Sumber : Ditjen Cipta Karya, 2000

c. *Angka pertumbuhan penduduk*

Angka pertumbuhan penduduk dihitung dengan presentase memakai rumus :

$$\text{Angka Pertumbuhan (\%)} = \frac{\sum \text{Penduduk}_k - \sum \text{Penduduk}_{k-1}}{\sum \text{Penduduk}_{k-1}} \times (100\%)$$

d. *Proyeksi jumlah penduduk*

Proyeksi kebutuhan air bersih dapat ditentukan dengan memperhatikan pertumbuhan penduduk untuk diproyeksikan terhadap kebutuhan air bersih sampai dengan beberapa tahun mendatang/tergantung dari proyeksi yang dikehendaki [5]. Dari angka pertumbuhan di atas dalam persen digunakan untuk memproyeksikan jumlah penduduk sampai dengan tahun yang dikehendaki.

**Metode Geometrical Increase**

$$P_n = P_o + (1 + r)^n$$

• **Volume Tampungan Embung**

Kapasitas tampung yang diperlukan untuk sebuah embung adalah :

$$V_n = V_u + V_e + V_i + V_s$$

1. *Volume Untuk Melayani Kebutuhan (Vu)*

Volume tampungan merupakan selisih maksimum yang terjadi antara kumulatif kebutuhan terhadap kumulatif *inflow*.

2. *Volume Kehilangan Air Akibat Penguapan (Ve)*

Untuk Mengetahui besarnya volume penguapan yang terjadi pada muka embung dihitung dengan rumus :

$$V_e = E_a \times S \times A_g \times d$$

Untuk memperoleh nilai evaporasi dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$E_a = 0,35(e_a - e_d)(1 - 0,01V)$$

3. *Volume Resapan Embung (Vi)*

Besarnya volume kehilangan air akibat resapan melalui dasar, dinding, dan tubuh embung tergantung dari sifat lulu air material dasar dan dinding kolam. Perhitungan resapan air ini menggunakan rumus praktis untuk menentukan besarnya volume resapan air kolam embung, sebagai berikut:

$$V_i = K.V_u$$

4. *Volume Yang Disediakan Untuk Sedimen (Vs)*

Perkiraan laju sedimentasi dalam studi ini dimaksudkan untuk memperoleh angka sedimentasi dalam satuan m<sup>3</sup>/tahun, guna memberikan perkiraan angka yang lebih pasti untuk penentuan ruang sedimen. Perhitungan perkiraan laju sedimentasi menggunakan Metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*). Erosi Potensial adalah erosi maksimum yang mungkin terjadi di suatu tempat dengan keadaan permukaan tanah gundul sempurna. Pendugaan erosi potensial dapat dihitung dengan pendekatan rumus berikut :

$$E-Pot = R \times K \times LS \times A$$

Pendugaan laju sedimen potensial tergantung dari Nilai SDR dari luas DAS, yang erat hubungannya dengan pola penggunaan lahan.

$$S-Pot = E-Akt \times SDR$$

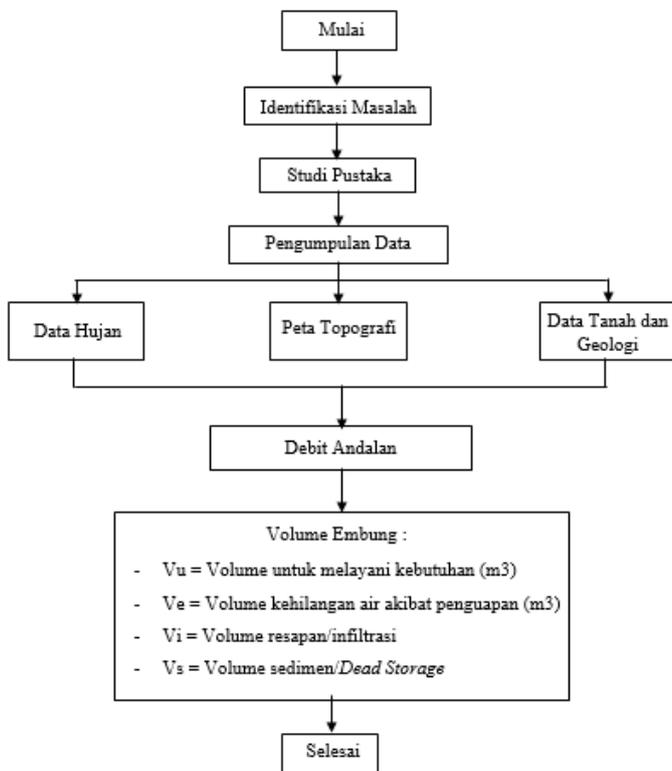
$$SDR = 0.41 \times A^{-0.3}$$

• **Perencanaan Tubuh Embung**

Lebar mercu embung yang memadai diperlukan agar puncak embung dapat tahan terhadap hempasan ombak dan dapat tahan terhadap aliran filtrasi yang melalui puncak tubuh embung. Penentuan lebar mercu dirumuskan sebagai berikut [6]:

$$B = 3,6 H^3 - 3$$

**METODOLOGI PENELITIAN**



**Gambar 2. Bagan Alir Penelitian**

**ANALISA DAN PERHITUNGAN**

**Penentuan Daerah Aliran Sungai (DAS)**

Penetapan Daerah Aliran Sungai (DAS) pada daerah Pembangunan Embung Pusporenggo dilakukan berdasar pada peta rupa bumi dan dikoreksi dengan Google

Earth. Luas DAS Perencanaan Embung Pusporenggo dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3. DAS Embung Pusporenggo**

Data DAS Embung Pusporenggo :

- Luas DAS = 0.339 km<sup>2</sup>
- Panjang sungai utama = 1.281 km

**Perhitungan Debit Andalan**

Perhitungan debit andalan andalan menggunakan metode F.J Mock untuk data tahun 2009 sampai dengan 2018. Kemudian dicari Q80%. Debit inilah yang digunakan untuk perhitungan selanjutnya.

**Tabel 5. Perhitungan Debit Andalan**

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des	Rerata tahunan
2009	0.98	0.65	0.57	0.37	0.40	0.22	0.12	0.05	0.00	0.03	0.05	0.13	0.297
2010	0.19	0.33	0.42	0.46	0.42	0.28	0.18	0.17	0.24	0.21	0.10	0.36	0.280
2011	0.53	0.39	0.46	0.42	0.32	0.17	0.15	0.06	0.02	0.66	0.42	0.36	0.330
2012	1.29	0.54	0.49	0.39	0.27	0.20	0.11	0.04	0.00	0.08	0.00	0.00	0.284
2013	0.72	0.38	0.42	0.36	0.29	0.30	0.22	0.10	0.03	0.00	0.00	0.00	0.234
2014	1.01	0.75	1.15	1.18	0.69	0.40	0.23	0.11	0.04	0.00	0.11	0.43	0.508
2015	0.98	0.51	0.46	0.40	0.37	0.37	0.31	0.29	0.29	0.37	0.30	0.34	0.416
2016	0.39	0.46	0.38	0.27	0.21	0.12	0.07	0.01	0.06	0.00	0.17	0.24	0.199
2017	0.63	0.55	0.43	0.30	0.17	0.13	0.07	0.01	0.00	0.00	0.05	0.11	0.205
2018	0.00	0.22	0.31	0.36	0.30	0.17	0.11	0.04	0.06	0.08	0.49	0.46	0.216

Probability = $m/(n+1)*100\%$	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
9%	1.01	0.75	1.15	1.18	0.69	0.40	0.23	0.11	0.04	0.00	0.11	0.43
18%	0.98	0.51	0.46	0.40	0.37	0.37	0.31	0.29	0.29	0.37	0.30	0.34
27%	0.53	0.39	0.46	0.42	0.32	0.17	0.15	0.06	0.02	0.66	0.42	0.36
36%	0.98	0.65	0.57	0.37	0.40	0.22	0.12	0.05	0.00	0.03	0.05	0.13
45%	0.19	0.33	0.42	0.46	0.42	0.28	0.18	0.17	0.24	0.21	0.10	0.36
55%	1.29	0.54	0.49	0.39	0.27	0.20	0.11	0.04	0.00	0.08	0.00	0.00
64%	0.72	0.38	0.42	0.36	0.29	0.30	0.22	0.10	0.03	0.00	0.00	0.00
73%	0.00	0.22	0.31	0.36	0.30	0.17	0.11	0.04	0.06	0.08	0.49	0.46
82%	0.63	0.55	0.43	0.30	0.17	0.13	0.07	0.01	0.00	0.00	0.05	0.11
91%	0.39	0.46	0.38	0.27	0.21	0.12	0.07	0.01	0.06	0.00	0.17	0.24
Q(30%)	0.98	0.65	0.57	0.37	0.40	0.22	0.12	0.05	0.00	0.03	0.05	0.13
Q(60%)	0.72	0.38	0.42	0.36	0.29	0.30	0.22	0.10	0.03	0.00	0.00	0.00
Q(80%)	0.63	0.55	0.43	0.30	0.17	0.13	0.07	0.01	0.00	0.00	0.05	0.11

**Volume Tampungan Embung**

**a. Volume untuk melayani kebutuhan air (Vu)**

Volume tampungan merupakan selisih maksimum yang terjadi antara komulatif kebutuhan terhadap komulatif *inflow*.

Dari Tabel 6 dapat diketahui puncak kekurangan air terjadi pada bulan Oktober sebesar 104,407.88 m<sup>3</sup>. Nilai ini merupakan volume tampungan efektif embung untuk melayani kebutuhan air baku.

**Tabel 6. Neraca Air**

No	Bulan	Jumlah Hari	Volume				Selisih
			Kebutuhan Air		Debit Andalan		
			Outflow		Inflow		
			m <sup>3</sup> /dtk	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /dtk	m <sup>3</sup>	
1	Januari	31	0.94	104407.88	0.63	70472.12	(33,935.75)
2	Februari	28	0.94	94303.89	0.55	55474.44	(38,829.45)
3	Maret	31	0.94	104407.88	0.43	47910.22	(56,497.66)
4	April	30	0.94	101039.88	0.30	32434.79	(68,605.09)
5	Mei	31	0.94	104407.88	0.17	19485.47	(84,922.41)
6	Juni	30	0.94	101039.88	0.13	14394.48	(86,645.40)
7	Juli	31	0.94	104407.88	0.07	7927.66	(96,480.22)
8	Agustus	31	0.94	104407.88	0.01	1642.99	(102,764.89)
9	September	30	0.94	101039.88	0.00	0.00	(101,039.88)
10	Oktober	31	0.94	104407.88	0.00	0.00	(104,407.88)
11	November	30	0.94	101039.88	0.05	5330.21	(95,709.67)
12	Desember	31	0.94	104407.88	0.11	12389.74	(92,018.14)

**b. Volume yang disediakan untuk sedimen (Vs)**

Dari hasil analisa dengan USLE diperoleh nilai erosi adalah sebesar 27.46 ton/ha/th. Nilai ini kemudian dianalisis untuk mendapatkan nilai sedimentasi potensial dengan menggunakan SDR.

$$SDR = 0.41 \times A^{-0.3}$$

$$= 0.41 \times (33.94)^{-0.3}$$

$$= 0.14$$

$$S\ Pot = E\ Aktual \times SDR$$

$$= 27.46 \times 0.14$$

$$= 3.911\ ton/ha/th$$

$$\text{Gamma Tanah} = 2.2\ ton/m^3$$

$$\frac{\text{Spot}}{\text{gamma tanah}} = \frac{3.911}{2.2}\ mm/ha/th$$

$$S\ Pot = 1.78\ mm/ha/th$$

$$S\ Pot = (S\ Pot \times \text{luas DAS})\ m^3/th$$

$$S\ Pot = (1.78/1000) \times (33.94/10000)$$

$$S\ Pot = 603.34\ m^3/th$$

Embung Pusporenggo direncanakan mempunyai umur rencana 25 tahun.

$$V\ sedimen = S\ pot \times \text{umur rencana}$$

$$= 603.34 \times 25\ th$$

$$V_s = 15,083.61\ m^3$$

**c. Volume resapan embung (Vi)**

$$V_i = K \times V_u \quad (K\ \text{diambil}\ 25\ \%)$$

$$= 0.25 \times 104,407.88$$

$$V_i = 26,101.97\ m^3$$

**d. Volume kehilangan air akibat penguapan (Ve)**

Untuk mengetahui besarnya volume penguapan yang terjadi pada embung dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$V_e = E \times S \times A_g \times d$$

Ve dihitung pada elevasi dari total Vu + Vs

**Tabel 7. Perhitungan Kehilangan Air Akibat Penguapan (Ve)**

No	Uraian	Satuan	Bulan												
			Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agst	Sept	Okt	Nop	Des	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Kelembaban Relatif	%	92.32	97.62	98.16	96.73	95.32	88.80	91.48	90.16	90.03	92.16	88.03	95.61	
2	Suhu Udara	°C	28.53	28.40	28.96	28.54	28.98	28.97	28.84	28.84	28.89	28.86	28.72	28.77	
3	Kecepatan Angin	m/dt	0.16	0.21	0.13	0.12	0.11	0.09	0.24	0.38	0.34	0.40	0.15	0.00	
4		mile/hr	8.62	11.36	7.12	6.54	5.85	4.99	13.03	20.49	18.10	21.27	8.18	0.00	
5	Sinar Matahari	(%)	37.52	33.07	39.10	0.00	0.00	64.27	66.39	58.00	59.93	18.45	47.17	0.00	
6	Tekanan Uap Jenuh (ea)	mm/Hg	30.03	28.32	30.03	30.03	30.03	30.03	30.03	30.03	30.03	30.03	30.03	30.03	
7	Tekanan Uap Sebenarnya (ed)	mm/Hg	27.72	27.65	29.48	29.05	28.63	26.67	27.47	27.08	27.04	27.68	26.44	28.71	
8	Evaporasi ( E )	mm/hr	74.57	23.05	18.98	33.24	46.89	104.59	82.00	93.45	94.50	76.11	110.83	44.09	
9		m/dt	8.63E-07	2.67E-07	2.20E-07	3.85E-07	5.43E-07	1.21E-06	9.49E-07	1.08E-06	1.09E-06	8.81E-07	1.28E-06	5.10E-07	
10	Jumlah Hari (1 Bulan)	Hari	31.00	29.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	
			evaporasi tiap bulan dalam m3												
			Luas genangan : 119,281.60												
			(9)*luas genangan*(10)*(5)	119.7270	30.5168	31.7654	0.0000	0.0000	278.3980	232.9884	231.9624	234.5845	60.1000	216.5033	0.0000
<b>Total kehilangan selama 1 tahun</b>			<b>1436.5458</b>												

Dari perhitungan diatas didapat nilai volume evaporasi adalah 1,436.55 m<sup>3</sup>.

**e. Volume tampungan total embung (Vn)**

$$V_n = V_u + V_e + V_i + V_s$$

$$V_n = 104,407.88 + 1,436.55 + 26,101.97 + 15,083.61$$

$$V_n = 147,030.00 \text{ m}^3$$

Nilai Vn ini digunakan dalam penentuan elevasi mercu spillway/muka air normal. Dari data pengukuran, didapat elevasi MAN +498.57 m.

Adapun dari desain awal, Embung Pusporenggo direncanakan dengan elevasi spillway pada +501.50 dan volume sebesar 234,532.60m<sup>3</sup>. Hal ini dikarenakan embung ini memaksimalkan cekungan bekas tambang yang sudah ada. Dengan desain volume embung yang lebih besar, dapat disimpulkan bahwa embung ini masih bisa dimanfaatkan untuk pemenuhan kebutuhan air untuk desa lainnya.

**Perencanaan Tubuh Embung**

**Lebar mercu embung**

Lebar mercu embung minimum dihitung dengan perhitungan sebagai berikut :

$$B = 3,6 H^{1/3} - 3$$

Dimana :

$$\begin{aligned} H &= \text{Tinggi embung} \\ &= 503 - 491.4 \\ &= 11.60 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } B &= 3,6 (11.6)^{1/3} - 3 \\ &= 5.149 \text{ m} \approx 5.5 \text{ m} \end{aligned}$$

**PENUTUP**

**Kesimpulan**

Dari hasil analisis perhitungan didapat kesimpulan:

1. Daerah Aliran Sungai (DAS) mempunyai *catchment area* 0.339 km<sup>2</sup> dengan panjang sungai 1.281 km
2. Volume embung hasil analisis pada penelitian ini adalah sebesar:
  - a. Volume kebutuhan air: 104,407.88 m<sup>3</sup>
  - b. Volume sedimen: 15,083.61 m<sup>3</sup>
  - c. Volume evaporasi: 1,436.55 m<sup>3</sup>
  - d. Volume resapan: 26,101.97 m<sup>3</sup>
  - e. Total Volume : 147,030.00 m<sup>3</sup> dengan MAN + 498.57.
3. Dari desain awal, diketahui bahwa Embung Pusporenggo direncanakan mempunyai volume 234,532.60 m<sup>3</sup> dan elevasi spillway/muka air normal pada elevasi + 501.50 Hal ini dikarenakan embung ini mengoptimalkan cekungan bekas tambang yang sudah ada. Volume desain lebih besar dari volume embung yang diperlukan. Artinya embung ini masih bisa dimanfaatkan untuk mencakup kebutuhan air selain Desa Pusporenggo.
4. Tinggi puncak embung adalah +503.00 m.
5. Berdasarkan perhitungan lebar mercu didapat lebar mercu 5.5 m.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Sjarief and R. Kodoatie, *Tata Ruang Air*. Yogyakarta: Andi, 2010.
- [2] R. Kodoatie and R. Sjarief, *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpdau*. Yogyakarta: Andi, 2005.
- [3] C. Soemarto, *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Erlangga, 1995.
- [4] Direktorat Jendral Cipta Karya Kementrian Pekerjaan Umum, *Kriteria Penyediaan Air Bersih*. 2000.
- [5] Soedibyso, *Teknik Bendungan*. Jakarta: Pradnya Paramitha, 1993.
- [6] S. Sosrodarsono and K. Takeda, *Bendungan Type Urugan*. Jakarta: Pradnya Paramitha, 1989.