

STUDI PERENCANAAN TUBUH BENDUNGAN GONGSENG DI KECAMATAN TEMAYANG KABUPATEN BOJONEGORO PROVINSI JAWA TIMUR

Syahril Arifudin¹, Eko Noerhayati², Bambang Suprpto³

¹ Mahasiswa Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Malang, Email: syahril.nbx@gmail.com

² Dosen Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Malang, Email: eko.noerhayati@unisma.ac.id

³ Dosen Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Malang, Email:
bambang.suprpto@unisma.ac.id

ABSTRAK

Mengingat sungai di wilayah Kabupaten Bojonegoro memiliki perbedaan debit air rata-rata dimusim kemarau dan dimusim hujan yang relatif besar, maka pembangunan Bendungan Gongseng diprioritaskan untuk memenuhi tuntutan masyarakat yang lebih nyata dan mendesak, yaitu untuk mengembangkan pertanian dan meningkatkan suplai air irigasi, serta penyediaan air baku untuk wilayah Kabupaten Bojonegoro. Dari hasil studi didapatkan dimensi desain Tubuh Bendungan berdasarkan Q_{1000th} dan dikontrol oleh Q_{PMF} antara lain tinggi jagaan 3 m, elevasi puncak +94,00 m, lebar puncak bendungan 8 m, kemiringan hulu 1:2,60 m dan kemiringan hilir 1:2,50 m. Selanjutnya analisa stabilitas di tinjau dalam keadaan normal dan gempa, stabilitas lereng hulu pada waduk kosong keadaan normal $SF = 3.21 > 1.5$ (aman), stabilitas lereng hulu pada waduk kosong keadaan gempa $SF = 1.48 > 1.2$ (aman), stabilitas lereng hulu pada waduk NWL keadaan normal $SF = 2.40 > 1.5$ (aman), stabilitas lereng hulu pada waduk NWL keadaan gempa $SF = 1.63 > 1.2$ (aman), stabilitas lereng hulu pada waduk FWL keadaan normal $SF = 2.31 > 1.5$ (aman), stabilitas lereng hulu pada waduk FWL keadaan gempa $SF = 1.27 > 1.2$ (aman), stabilitas lereng hilir pada waduk kosong keadaan normal $SF = 1.62 > 1.5$ (aman).

Kata Kunci: Bendungan Urugan Batu, Dimensi Bendungan, Stabilitas Bendungan

ABSTRACT

Given the river in Bojonegoro Regency has the difference in average water discharge in the dry season and in the rainy season is relatively large, the construction of the Gongseng Dam prioritized to meet the demands of the society more tangible and urgent, namely to develop agriculture and increase the supply of irrigation water, as well as the provision of raw water to the region of Bojonegoro regency.

From the study obtained dimensions of dam body design based on the Q_{1000th} and controlled by the Q_{PMF} among others the height of 3 m, peak elevation + 94.00 m, the peak width of the dam 8 m, slope upstream 1:2.60 m and a downstream slope 1:2.50 m. Further stability analysis is reviewed under normal and earthquake, the stability of the upstream slope on the reservoir empty 1.5 3.21 normal state of, the stability of the upstream slope on an empty reservoir of SF earthquake = $1.48 > 1.2$ (safe), the stability of the upstream slope on NWL Reservoir of normal state of SF = $2.40 > 1.5$ (safe), upper slope stability of NWL reservoir of SF earthquake = $1.63 > 1.2$ (safe), upstream slope stability on FWL reservoir of normal state of SF = $2.31 > 1.5$ (safe), upstream slope stability in FWL reservoir of SF earthquake = $1.27 > 1.2$ (safe), the stability of downstream slope on the reservoir is empty normal state of SF = $1.62 > 1.5$ (safe).

Keywords: *Dreging Dam Stone, dam dimensions, dam stability*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Mengingat sungai di wilayah Kabupaten Bojonegoro memiliki perbedaan debit air rata-rata dimusim kemarau dan dimusim hujan yang relatif besar, maka pembangunan Bendungan Gongseng diprioritaskan untuk memenuhi tuntutan masyarakat yang lebih nyata dan mendesak, yaitu untuk mengembangkan pertanian dan meningkatkan suplai air irigasi, serta penyediaan air baku untuk wilayah Kabupaten Bojonegoro.

Adapun tujuan dari studi ini adalah merencanakan dimensi tubuh bendungan yang secara teknis layak untuk dibangun sesuai tujuannya untuk mengatasi masalah kekurangan pasokan air baku, air irigasi untuk persawahan, dan tidak adanya bangunan penahan air. Serta agar studi ini dapat menjadi suatu informasi untuk pengembangan dan pemanfaatan sumber daya air.

TINJAUAN PUSTAKA

Studi perencanaan ini melakukan perhitungan dengan berbagai macam tahapan diantaranya adalah, analisis hidrologi, dimensi tubuh bendungan, analisis stabilitas bendungan.

METODE PERENCANAAN

Lokasi Studi

Perencanaan dilakukan di Kecamatan Temayang, Kabupaten Bojonegoro, Provinsi Jawa Timur. Untuk menuju ke lokasi bendungan dapat dicapai dengan jalan darat dari kota Bojonegoro kearah Kecamatan Temayang sejauh ± 30 km, dari Kecamatan Temayang membelok kearah Selatan ke Desa Kedungsai sejauh $\pm 3,00$ km.

Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data yang dipakai adalah metode Primer dan sekunder antara lain :

Primer :

- Data Hujan
- Peta Topografi
- Data Teknis Bendungan
- Data Geologi Dan Mekanika Tanah

Sekunder :

- Buku
- Internet
- Arsip yang di publikasikan maupun tidak dipublikasikan secara umum.

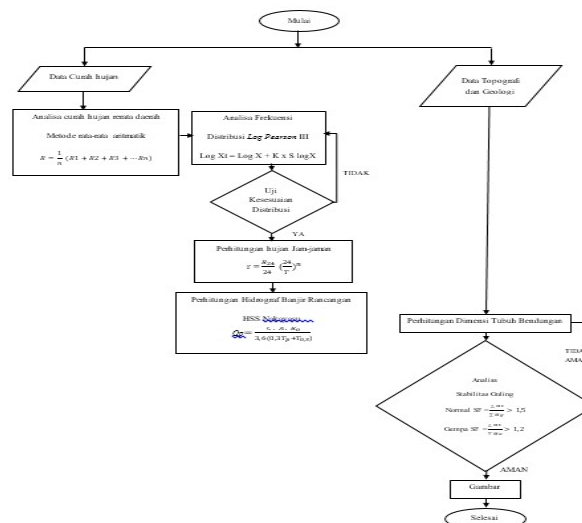
Tahapan Perencanaan Studi

Beberapa tahap untuk menyelesaikan studi ini adalah sebagai berikut:

1. Analisa hidrologi dalam studi ini sebagai berikut :
 - Analisa curah hujan rerata daerah harian maksimum dengan menggunakan metode rata-rata aljabar.
 - Analisa curah hujan rancangan dengan menggunakan metode *Log Person Type III*.
 - Analisa uji kesesuaian disribusi frekuensi dengan uji *chi – kuadrat* dan *smirnov kolmogorov*.
 - Analisa hidrograf satuan sintetik dengan menggunakan metode nakayasu.
 - Analisa hidrograf banjir rancangan.
 - Analisa kapasitas pelimpah dan penelusuran banjir melalui pelimpah.
2. Analisa dimensi tubuh bendungan dalam studi ini sebagai berikut:
 - Penentuan tinggi jagaan bendungan.
 - Lebar mercu bendungan.
 - Kemiringan lereng hulu dan hilir bendungan.
3. Analisa stabilitas tubuh bendungan dalam studi ini sebagai berikut:
 - a. Hulu Bendungan
 - Waduk kosong pada keadaan normal
 - Waduk elevasi NWL keadaan normal
 - Waduk elevasi FWL keadaan normal
 - Waduk kosong pada keadaan gempa
 - Waduk elevasi NWL pada keadaan gempa
 - Waduk elevasi FWL pada keadaan gempa
 - b. Hilir Bendungan
 - Waduk kosong pada keadaan normal
 - Waduk elevasi NWL, FWL keadaan normal
 - Waduk kosong pada keadaan gempa
 - Waduk elevasi NWL, FWL keadaan gempa

Sistematika Perencanaan

Berdasarkan landasan teori, maka sistem perencanaan dibuat dengan sesuai urutan seperti yang disajikan dalam diagram alir dibawah ini



Gambar 1. Bagan Alir

PEMBAHASAN

Analisa Hidrologi

- a. Curah hujan maksimum rerata daerah

Curah hujan maksimum rerata daerah ditentukan dengan menggunakan metode aritmatik.

Tabel 1. Curah hujan maksimum rerata daerah metode aritmatik

Tahun	Stasiun		Curah Hujan Rerata (mm/hr)	Curah Hujan Maksium (mm/hr)
	Tretes (mm/hr)	Sugihan (mm/hr)		
2009	97.00	105.00	101.00	105.00
2010	89.00	110.00	99.50	110.00
2011	98.00	102.00	100.00	102.00
2012	111.00	98.00	104.50	111.00
2013	113.00	122.00	117.50	122.00
2014	116.00	125.00	120.50	125.00
2015	145.00	98.00	121.50	145.00
2016	115.00	108.00	111.50	115.00
2017	98.00	102.00	100.00	102.00
2018	107.00	97.00	102.00	107.00
Jumlah	1089.00	1067.00	2156.00	1144.00

Sumber : Perhitungan

- b. Banjir rancangan Bendungan Gongseng. Dengan menggunakan metode *Log Person Type III*.

Tabel 2. Perhitungan frekuensi pada distribusi *Log Person Type III*

Tahun	Xi (mm/hari)	Log Xi	(Log Xi - Log X)	(Log Xi - Log X) ²	(Log Xi - Log X) ³
2011	102,00	2,01	-0,05	0,00	0,00
2017	102,00	2,01	-0,05	0,00	0,00
2009	105,00	2,02	-0,03	0,00	0,00
2018	107,00	2,03	-0,03	0,00	0,00
2010	110,00	2,04	-0,01	0,00	0,00
2012	111,00	2,05	-0,01	0,00	0,00
2016	115,00	2,06	0,00	0,00	0,00
2013	122,00	2,09	0,03	0,00	0,00
2014	125,00	2,10	0,04	0,00	0,00
2015	145,00	2,16	0,11	0,01	0,00
Jumlah	1144,00	20,56	0,00	0,02	0,00
Rerata Log Xi = Log X		2,06			
Koefisien Kemencengan = CS		0,0004			
Standart Deviasi Log X = S Log X				0,05	

Sumber : Perhitungan

- c. Perhitungan debit banjir rancangan dengan menggunakan metode HSS Nakayasu

Diketahui :

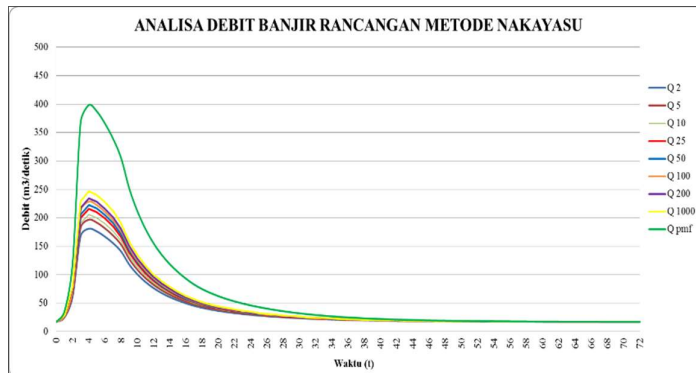
Luas DAS (A) : 51,21 km²

Panjang sungai utama : 19,18 km

Unit hujan efektif (R_o) : 1 mm

Parameter hidrograf : 2

Untuk sungan dengan L > 15 km



Gambar 2. Grafik Hidrograf banjir rancangan kala ulang 2 – PMF

Dimensi Tubuh Bendungan

a. Tinggi Bendungan

- Tinggi jagaan bendungan

Dari perhitungan tersebut didapatkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} H_f &\geq \Delta H + (h_w \text{ atau } \frac{h_e}{2}) + h_a + h_i \\ &= 0,6 + 0,37 + 0 + 2 \\ &= 2,97 \text{ m} \approx 3 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Lebar Mercu Bendungan

Dari perhitungan tersebut didapatkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} B &= 3,6 \cdot H^{1/3} - 3 \\ &= 3,6 \cdot 29^{1/3} - 3 \\ &= 8,06 \text{ m} \approx 8 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Kemiringan Lereng Bendungan

Untuk menentukan kemiringan Tubuh Bendungan Utama digunakan rumus dibawah ini. Dengan data yang telah diketahui sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{sat}} &= 1,95 \text{ ton/m}^3 \\ \Phi &= 24^\circ \\ \gamma_w &= 1,87 \text{ ton/m}^3 \\ k &= 0,0005 \text{ cm/dt} \end{aligned}$$

Rumus kemiringan lereng bagian hulu bendungan:

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{sub}} &= \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w \\ &= 1,95 - 1,87 \\ &= 0,08 \text{ ton/m}^3 \\ \gamma^1 &= \frac{\gamma_{\text{sat}}}{\gamma_{\text{sub}}} \\ &= \frac{1,95}{0,08} \\ &= 24,38 \text{ ton/m}^3 \end{aligned}$$

$$FS_{\text{hulu}} = \frac{m-k \cdot \gamma^1}{1+k \cdot \gamma^1 \cdot m} \cdot \text{tg } \phi \geq 1,1$$

$$1,1 = \frac{m-0,0005 \cdot 24,38}{1+0,0005 \cdot 24,38 \cdot m} \cdot \text{tg } 24^\circ$$

$$m = 2,56. \text{ Untuk keamanan dibulatkan } m = 2,60 \text{ (m)}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan kemiringan lereng bagian hulu bendungan utama 1:2,60 m. Untuk kemiringan hilir direncanakan dengan menggunakan rumus di bawah ini :

$$FS_{\text{hilir}} = \frac{n-k}{1+k \cdot n} \cdot \text{tg } \phi \geq 1,1$$

$$FS_{\text{hilir}} = \frac{n-0,0005}{1+0,0005 \cdot n} \cdot \text{tg } 24^\circ$$

$$n = 2,47 \text{ m. Untuk keamanan dibulatkan } n = 2,50 \text{ m.}$$

Analisa Stabilitas Tubuh Bendungan

Analisa Stabilitas Tubuh Bendungan dalam studi ini menggunakan metode *fellenius*.

Dengan kondisi sebagai berikut :

- a. Pada Bagian Hulu Bendungan
 - Waduk keadaan normal
 - Waduk pada elevasi NWL keadaan normal
 - Waduk pada elevasi FWL keadaan normal
 - Waduk saat terjadi gempa
 - Waduk pada elevasi NWL keadaan gempa
 - Waduk pada elevasi FWL keadaan gempa
- b. Pada Bagian Hilir Bendungan
 - Waduk keadaan normal
 - Waduk pada elevasi NWL, dan FWL keadaan normal
 - Waduk saat terjadi gempa
 - Waduk pada elevasi NWL, dan FWL saat terjadi gempa

Data-data yang dibutuhkan untuk perhitungan Stabilitas sebagai berikut :

Tabel 3. Data Timbunan Bendungan Gongseng

Uraian	K (cm/det)	Ysat (ton/m3)	Ywet (ton/m3)	Ydry (ton/m3)	C (ton/m)	ϕ (derajat)
Random tanah	$5,00 \times 10^{-4}$	1,95	1,87	1,56	2,10	24,00
Filter halus	$2,50 \times 10^{-2}$	1,89	1,65	1,43	0,00	28,00
Filter kasar	$5,00 \times 10^{-3}$	1,98	1,78	1,61	0,00	33,00
Inti kedap air	$5,84 \times 10^{-7}$	1,84	1,68	1,35	3,08	16,56
Timbunan batu		2,20	1,85	1,78	0,00	35,00

Sumber : Anonim, 2016

- c. Lereng Hulu Bendungan saat Waduk kosong pada keadaan normal
 1. Membuat jari-jari bidang longsor (r), sehingga tepi lingkaran menyinggung dasar pondasi dan mengenai semua jenis material timbunan tubuh bendungan.
 2. Membagi bidang longsor menjadi beberapa bagian sama lebar, lalu masing-masing pias dihitung luas (A) dan gaya beratnya (W). Untuk pias (1), dari gambar bidang longsor didapatkan bahwa.

$$\begin{aligned}
 A &= 27,24 \text{ m}^2 \\
 W &= A \cdot \gamma_d \\
 &= 27,24 \cdot 1,78 \\
 &= 48,49 \text{ ton/m}
 \end{aligned}$$

3. Membuat sudut yang dibentuk oleh jari-jari bidang longsor (α) dengan arah gaya berat masing-masing pias. Untuk pias 1, dari gambar longsor diadaptkan bahwa $\alpha_1 = -29^\circ$

4. Menghitung momen yang menyebabkan geser pada bidang longsor tubuh bendungan. Untuk pias (1) perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 T &= W \cdot \sin \alpha_1 \\
 &= 48,96 \cdot \sin (-29^\circ) = -23,51 \text{ ton/m}
 \end{aligned}$$

5. Menghitung momen yang menahan bidang longsor pada bendungan. Untuk pias 1 perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 N' &= N \cdot \tan \phi \\
 N &= W \cdot \cos \alpha \\
 &= 48,96 \cdot \cos (-29^\circ) = 42,41 \text{ ton/m}
 \end{aligned}$$

Tan ϕ merupakan sudut geser yang tergantung dari jenis bahan timbunan, untuk zona urugan batu dengan nilai $\phi = 35^\circ$

$$\begin{aligned}
 N' &= 42,41 \cdot \tan 35^\circ \\
 &= 29,69 \text{ ton/m}
 \end{aligned}$$

6. Menghitung angka kohesi tiap pias, yaitu

$$\begin{aligned}
 C' &= C \cdot I \\
 &= C \cdot \frac{b}{\cos}
 \end{aligned}$$

C adalah angka kohesi tergantung jenis bahan timbunan, untuk urugan batu nilai $C = 0,00 \text{ ton/m}^2$. Sedangkan b adalah lebar masing-masing pias.

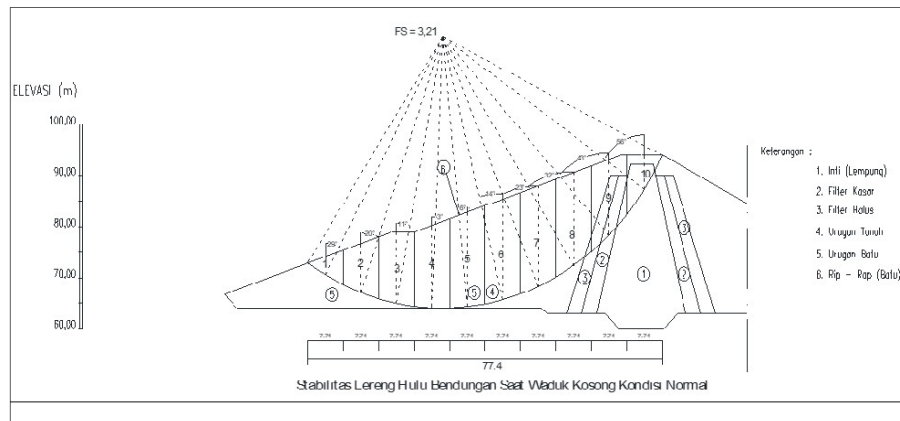
$$= 0,00 \cdot \frac{7,74}{\cos(-29^\circ)} = 0,00 \text{ ton/m}$$

7. Prosedur perhitungan di atas diulang sampai semua pias yang membentuk bidang longsor dihitung, selanjutnya mencari nilai faktor keamanan (SF) jika $W \cos \alpha = W \sin \alpha = T$, maka :

$$Sf = \frac{\Sigma \{C \cdot I + (N - U - N_e) \cdot \tan \phi\}}{\Sigma (T + T_e)}$$

Nilai U muncul ketika waduk terisi air, nilai N_e dan T_e muncul ketika kondisi gempa. Pada perhitungan kali ini, kondisinya kosong dan keadaan normal sehingga :

$$\begin{aligned}
 Sf &= \frac{\Sigma \{C \cdot I + N \cdot \tan \phi\}}{\Sigma T} \\
 &= \frac{186,14 + 936,13}{349,17} \\
 Sf &= 3,21
 \end{aligned}$$



Gambar 3. Stabilitas Hulu Saat Waduk Kosong Kondisi Normal

PENUTUP

Kesimpulan

Dari perhitungan dan analisa yang dilakukan sesuai dengan rumusan masalah pada studi perencanaan ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Besar debit banjir rancangan Bendungan Gongseng adalah sebagai berikut:
 - $Q_{1000\text{th}} = 247,11 \text{ m}^3/\text{det}$
2. Dimensi Tubuh Bendungan sebagai berikut:
 - Tinggi jagaan = $2,97 \text{ m} \approx 3 \text{ (m)}$
 - Lebar mercu = $8,06 \text{ m} \approx 8 \text{ (m)}$
 - Kemiringan lereng hulu (m) = $1 : 2,60 \text{ (m)}$
 - Kemiringan lereng hilir (n) = $1 : 2,50 \text{ (m)}$
3. Perhitungan Stabilitas Tubuh Bendungan dalam keadaan normal dan gempa pada keadaan waduk kosong, diperoleh sebagai berikut:

Syarat stabilitas kondisi normal $S_f > 1,5$

$SF = 3,21 > 1,5$ (memenuhi syarat)

Saran

Dalam studi ini dapat disampaikan bahwa Perencanaan Tubuh Bendungan Gongseng Di Kecamatan Temayang Kabupaten Bojonegoro Provinsi Jawa Timur adalah sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan perhitungan desain yang akurat, maka metode perhitungan harus tepat dengan kondisi yang ada. Dan data yang digunakan dalam perhitungan juga harus dianalisis secara teliti dengan menggunakan berbagai macam teori yang ada.
2. Perhitungan stabilitas konstruksi disarankan untuk menggunakan *software* PLAXIS agar lebih efisien dan akurat.

Daftar Pustaka

- Anonim, (2016). *Laporan Utama Review FS dan Detail Desain Waduk Gongseng Kabupaten*
Bojonegoro: PT. Ika Adya Perkasa Malang (Tidak dipublikasikan)
- Anonim (1999). *Panduan Perencanaan Bendungan Urugan Volume II (Analisis Hidrologi)*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Pengairan Direktorat Bina Teknik.
- Bambang Triatmojo. (2008). *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta
- Fauzi, Manyuk. (2000). *Kajian Penetapan Persamaan Hidrograf Satuan Sintetik (ADEL I)*. Tesis Sekolah Pascasarjana. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Kamiana, I Made. (2010). *Teknik Perhitungan Debit Rencana Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Kumar, Santosh, (2001). *Irrigation Engineering and Hydraulic Structures*. Delhi: Khanna Publisher.
- Linsley, R.K, Kohler, M.A dan Paulhus, J.L.H, (1985). *Hidrologi Untuk Insinyur*. Jakarta: Erlangga
- Loebis, Jusron. (1984). *Banjir Rencana untuk Bangunan Air*. Jakarta: Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum.
- Masrevaniah, Aniek, (2010). *Bangunan Air*, Surabaya.
- Masrevaniah, Aniek, (2012). *Konstruksi Bendungan Urugan*
Malang : CV Asrori
- Soedibyo. (1993). *Teknik Bendungan*. Pradnya Paramita, Jakarta