

ANALISIS NILAI KEAMANAN TUBUH BENDUNGAN JLANTAH KARANGANYAR

Tri Prandono^{1*}, Reffi Lovita Sari Purwina Awandian²

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Surakarta

Jl. Raya Palur Km. 5 Surakarta Ngringo Jaten Karanganyar Jawa Tengah Jurug, Ngringo, Kec. Jaten, Jawa Tengah 57731, Indonesia

Email: tri.prandono@gmail.com¹, reffilovitasaripurwinaawandian@gmail.com²

ARTICLE INFO

Article history:

Received:

24 January 2025

Revised:

25 January 2025

Accepted:

27 January 2025

Kata Kunci:

Bendungan; Analisis
Stabilitas; Nilai
Keamanan

Keywords: Dam;
Stability Analysis; Safety
Value

Abstrak

Bendungan sebagai bangunan yang digunakan untuk menampung air harus didesain dengan aman dengan segala kondisi, termasuk keamanan pada tubuh bendungan. Berdasarkan peta sebaran gempa Indonesia Bendungan Jlantah termasuk ke dalam kelas resiko gempa 4 (ekstrem). Menurut pedoman analisis dinamis bendungan urugan dari Dirjen SDA pemilihan periode ulang gempa dengan tidak ada kerusakan Operating Basis Earthquake (OBE) adalah 100 tahun dan periode ulang terdapat kerusakan tanpa keruntuhan Maximum Design Earthquake (MDE) adalah 1.000 tahun. Untuk itu diperlukan analisis nilai keamanan pada tubuh bendungan Jlantah. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui nilai keamanan tubuh bendungan Jlantah dengan tanpa gempa dan beban gempa dengan menggunakan metode analisis kuantitatif. Pada penelitian ini menggunakan data teknis bendungan, data geometri bendungan dan data tanah bendungan Jlantah yang diperoleh dari BBWS BS. Pengolahan data dilakukan dengan menentukan parameter desain, menentukan koefisien gempa dan melakukan analisis stabilitas tubuh bendungan menggunakan program SLOOPE/W. Dari hasil penelitian dan analisis yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa analisis nilai keamanan bendungan Jlantah pada kondisi muka air banjir, normal dan cepat surut dengan beban gempa Operating Basis Earthquake (OBE) dan beban gempa Maximum Design Earthquake (MDE) adalah dalam kondisi aman.

Abstract

Dams as structures used to store water must be designed safely in all conditions, including the safety of the dam body. Based on the Indonesian earthquake distribution map, the Jlantah Dam is included in the earthquake risk class 4 (extreme). According to the guidelines for dynamic analysis of embankment dams from the Directorate General of Water Resources, the selection of the earthquake return period without damage to the Operating Basis Earthquake (OBE) is 100 years and the return period with damage without collapse of the Maximum Design Earthquake (MDE) is 1,000 years. For this reason, an analysis of the safety value of the Jlantah dam body is needed. The purpose of this study was to determine the safety value of the Jlantah dam body without earthquakes and earthquake loads using quantitative analysis methods. This study used dam technical data, dam geometry data and Jlantah dam soil data obtained from BBWS BS. Data processing was carried out by determining design parameters, determining earthquake coefficients and analyzing the stability of the dam body using the SLOOPE / W program. From the results of the research and analysis conducted, it can be concluded that the analysis of the safety value of the Jlantah dam in flood, normal and rapidly receding water level conditions with the Operating Basis Earthquake (OBE) earthquake load and the Maximum Design Earthquake (MDE) earthquake load is in a safe condition.

PENDAHULUAN

Bendungan merupakan salah satu bangunan air yang dibangun untuk menahan dan menangkap laju air. Bendungan memiliki beberapa fungsi antara lain digunakan sebagai irigasi, pengendalian kekeringan, pariwisata dan lain sebagainya. Reservoir merupakan bangunan berupa danau buatan atau alam yang membendung Sungai yang bertujuan sebagai penampungan air sungai guna untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia, pada beberapa daerah bendungan juga digunakan untuk mengalirkan air ke pembangkit listrik tenaga air. Bendungan biasanya dibangun menggunakan urugan batu, urugan tanah, beton, dan pasangan batu.

Bendungan Jlantah merupakan bendungan yang dibangun mulai bulan Juli 2019 dan ditargetkan rampung pada tahun 2024, terletak di Sawah, Tlobo, Kec.Jatipuro, Kab.Karanganyar, Jawa Tengah. Bendungan Jlantah dibangun untuk mengairi 1.494 ha area sawah di Kawasan Jatipuro dan Jumapolo. Selain sebagai sumber irigasi bendungan Jlantah akan menghasilkan air baku sebesar 150 lt/detik, Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) sebesar 1,625 mega watt.

Bendungan Jlantah memiliki luas area genangan +- 50,45 ha dan sumber air dari bendungan ini berasal dari sungai Jlantah dan sungai Puru. Bendungan Jlantah ini memiliki kapasitas tampung hingga 10,97 m³, konstruksi bendungan Jlantah didesain dengan tinggi 70 m dari dasar sungai dengan panjang puncak 404 m, lebar puncak 12 m dengan elevasi puncak bendungan +690 m. Bendungan memiliki banyak manfaat guna memenuhi kebutuhan manusia, maka diperlukan analisis stabilitas tubuh bendungan terhadap berbagai kondisi agar bendungan yang direncanakan aman dan sesuai dengan usia guna yang telah direncanakan.

Bendungan merupakan bangunan yang berupa urugan tanah, urugan batu, beton atau pasangan batu yang dibangun guna menahan serta menampung air atau lumpur sehingga membentuk waduk. Menurut Kartasapoetra (1991), bendungan merupakan bangunan air yang dibangun secara melintang sungai, sedemikian rupa agar permukaan air sungai di sekitarnya naik sampai ketinggian tertentu, sehingga air sungai tadi dapat dialirkan melalui pintu sadap ke saluran-saluran pembagi kemudian hingga ke lahan-lahan pertanian. Bendungan memiliki berbagai fungsi seperti, digunakan untuk kegiatan irigasi, penyediaan air baku, digunakan sebagai PLTA serta dapat digunakan sebagai pengendali banjir.

Menurut ICOLD (Soedibyo, 1993:3) pembagian tipe bendungan dapat dipandang dari tujuh keadaan, yaitu: berdasarkan ukurannya, tujuan pembangunannya, penggunaannya, jalannya air, konstruksinya, fungsinya, materialnya. Stabilitas bendung yaitu perhitungan konstruksi untuk menentukan ukuran bendung agar mampu menahan muatan dan gaya yang bekerja padanya dalam segala kondisi, dalam hal ini termasuk terjadinya angin kencang dan gempa bumi hebat dan banjir besar serta keadaan yang lainnya. Syarat-syarat stabilitas konstruksi seperti lereng disebelah hulu dan hilir bendung tidak mudah longsor, harus aman terhadap geseran, harus aman terhadap rembesan, dan harus aman terhadap penurunan bendung.

Perhitungan konstruksi yang dilakukan untuk menentukan dimensi/ukuran bendung (*weir*) supaya mampu menahan muatan-muatan dan gaya-gaya yang bekerja pada bendung dalam keadaan apapun, termasuk banjir besar dan gempa bumi. Penyelidikan geologi teknik, ditujukan untuk mengetahui apakah pondasi bendung cukup kuat, apakah rembesan airnya tidak membahayakan konstruksi, dan apakah bendung akan dapat dioperasikan bagi penggunaan airnya dalam jangka waktu yang lama minimal 30 tahun (Mawardi & Memet, 2010).

METODE PENELITIAN

Tujuan dilakukan penelitian adalah untuk mendapatkan nilai keamanan tubuh bendungan dengan menggunakan program SLOOPE/W pada Software Geostudio. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan memasukkan nilai kohesi tanah (c), sudut geser tanah (ϕ), berat jenis tanah (γ), elevasi muka air dan koefisien gempa. Maksud dari analisa ini adalah untuk menentukan factor aman dari bidang longsor. Faktor aman didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan. Secara umum data yang diperlukan untuk analisis nilai keamanan tubuh bendungan yaitu:

1. Data Teknis Bendungan;
2. Data Geometri Bendung;
3. Data Tanah Bendungan.

Faktor keamanan (SF) tubuh bendungan dapat dihitung menggunakan berbagai metode, longsor dengan bidang gelincir (Slip Surface), F dapat dihitung dengan metode sayatan (Slice method) salah satunya menurut metode Bishop. Metode Bishop menggunakan cara potongan dimana gaya-gaya yang bekerja pada tiap potongan metode bishop dipakai untuk menganalisis permukaan gelincir (Slip Surface) yang berbentuk lingkaran. Pada sebagian besar metode analisis, gaya normal diasumsi bekerja dipusat alas dari tiap potongan, sebab potongan tipis ini diterapkan pada sejumlah asumsi. Metode Bishop ini menggunakan asumsi sebanyak $(2n - 1)$. Metode Bishop menggunakan keseimbangan momen dengan memperhitungkan seluruh keseimbangan gaya maka rumus faktor keamanan FK metode Bishop sebagai berikut:

$$F S = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} (c b n + W n \tan \phi) \frac{1}{m a (n)}}{\sum_{n=1}^{n=p} (W n \sin a n + g)} \dots \dots \dots (1)$$

Parameter desain yang digunakan untuk analisis nilai keamanan tubuh bendungan yaitu mengetahui masing-masing nilai kohesi tanah (c), sudut geser tanah (ϕ), berat jenis tanah (γ), elevasi muka air dan koefisien gempa. Dan material model dari material bendungan Jlantah.

Tabel 1. Parameter Desain

No.	Material	K (cm/det)	γ (kN/m ³)	c (kN/m ²)	ϕ (kN/m ²)	Material Model
1	Inti	$6,72 \times 10^{-7}$	11,922	2,06	16,25	Mohr-Coulomb
2	Filter	$1,00 \times 10^{-3}$	22,43	0	29	Mohr-Coulomb
3	Random Halus	$1,53 \times 10^{-4}$	12,82	0,2	19	Mohr-Coulomb
4	Random Kasar	$1,08 \times 10^{-3}$	16,48	0	35	Mohr-Coulomb
5	Rip-Rap	$1,00 \times 10^{-1}$	21,57	0	40	Mohr-Coulomb
6	Toe Drain	$1,00 \times 10^{-1}$	21,57	0	40	Mohr-Coulomb
7	Foundation	$1,00 \times 10^{-5}$	19,06	4,84	41	Mohr-Coulomb

Berdasarkan peta sebaran gempa Indonesia Bendungan Jlantah termasuk ke dalam kelas resiko gempa 4 (ekstrem). Menurut pedoman analisis dinamis bendungan urugan dari Dirjen SDA pemilihan periode ulang gempa dengan tidak ada kerusakan *Operating Basis Earthquake* (OBE) adalah 100 tahun dan periode ulang terdapat kerusakan tanpa keruntuhan *Maximum Design Earthquake* (MDE) adalah 1.000 tahun. Untuk mengetahui nilai koefisien gempa maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

1. Perhitungan gempa *Operating Basis Earthquake* (OBE) 100 tahun

$$\begin{aligned} Ad &= z \times ac \times v \\ &= 0,7 \cdot 0,227 \cdot 1,2 \\ &= 0,19068 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Kh &= \frac{Ad}{g} \\ &= 0,19068 / 0,981 \\ &= 0,194374 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K &= Kh \times a \\ &= 0,194374 \times 0,7 \\ &= 0,640061 \end{aligned}$$

2. Perhitungan gempa *Maximum Design Earthquake* (MDE) 1.000 tahun

$$\begin{aligned} Ad &= z \times ac \times v \\ &= 0,7 \cdot 0,313 \cdot 1,2 \\ &= 0,26292 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Kh &= \frac{Ad}{g} \\ &= 0,26292 / 0,981 \\ &= 0,268012 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K &= Kh \times a \\ &= 0,268012 \times 0,7 \\ &= 0,187608 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan maka diperoleh hasil table gempa termodifikasi:

Tabel 2. Perhitungan Koefisien Gempa

Kondisi gempa	T.tahun	ac (gal)	v	z	ad	kh	Koreksi pengaruh daerah bebas	K
OBE	100	0,227	1,2	0,7	0,190	0,194	0,7	0,640 061
MDE	10000	0,313	1,2	0,7	0,262	0,268	0,7	0,187 608

Faktor nilai kemanan bendungan menurut SNI 8064:2012 menjelaskan bahwa tubuh bendungan dengan kondisi tanpa beban gempa syarat minimum angka kemanan sebesar >1.5, pada kondisi dengan beban gempa *Operating Basis Earthquake* (OBE) syarat minimum angka keamanan sebesar >1.2, dan pada kondisi dengan beban gempa MDE angka keamanan sebesar >1.0. Sedangkan pada kondisi muka air cepat surut (*Rapid Drawdown*) dalam kondisi tanpa beban gempa syarat minimum angka keamanan sebesar >1.3, pada kondisi dengan beban gempa *Operating Basis Earthquake* (OBE) syarat minimum angka keamanan sebesar >1.1 dan pada kondisi dengan beban gempa *Maximum Design Earthquake* (MDE) syarat minimum angka keamanan sebesar >1.0. Tabel hasil analisis stabilitas tubuh bendung pada Bendungan Jlantah dapat dilihat pada tabel 4.7 sampai tabel 4.9 berikut:

Tabel 3. Nilai Keamanan Tubuh Bendungan Jlantah Tanpa Beban Gempa

No	Kondisi	SF Tanpa Beban Gempa	Syarat SF Minimum	Status
1	Muka Air Banjir (MAB)	1,781	1,5	AMAN
2	Muka Air Normal (MAN)	1,821	1,5	AMAN
3	Muka Air Cepat Surut (<i>Rapid Drawdown</i>)	1,623	1,3	AMAN

Tabel 4. Nilai Keamanan Tubuh Bendung Jlantah Dengan Beban Gempa *Operating Basis Earthquake* (OBE)

Angka keamanan (T=100 tahun)				
No	Kondisi	SF Dengan Beban Gempa	Syarat SF Minimum	Status
1	Muka Air Banjir (MAB)	1,565	1,2	AMAN
2	Muka Air Normal (MAN)	1,228	1,2	AMAN
3	Muka Air Cepat Surut (<i>Rapid Drawdown</i>)	1,416	1,1	AMAN

Tabel 5. Nilai Keamanan Tubuh Bendung Jlantah Dengan Beban Gempa *Maximum Design Earthquake* (MDE)

Angka keamanan (T=1000 tahun)				
No	Kondisi	SF Dengan Beban Gempa	Syarat SF Minimum	Status
1	Muka Air Banjir (MAB)	1,699	1,0	AMAN

2	Muka Air Normal (MAN)	1,288	1,0	AMAN
3	Muka Air Cepat Surut (<i>Rapid Drawdown</i>)	1,361	1,0	AMAN

Dari hasil yang diperoleh pada tabel 3 sampai 5 didapatkan bahwa pada kondisi muka banjir dengan tanpa gempa dan beban gempa, pada kondisi muka air normal dengan tanpa gempa dan beban gempa dan pada kondisi muka air surut cepat dengan tanpa gempa dan beban gempa didapatkan hasil $>SF$ dan dapat dikatakan dalam kondisi aman.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan setelah melakukan evaluasi keamanan Bendungan Jlantah, didapatkan beberapa kesimpulan yaitu nilai keamanan tubuh bendungan Jlantah pada kondisi muka air banjir (MAB) tanpa beban gempa senilai 1,781 (Aman), dengan beban gempa Operating Basis Earthquake (OBE) senilai 1,565 (Aman), dengan beban gempa Maximum design earthquake (MDE) senilai 1,169 (Aman). Nilai keamanan tubuh bendungan Jlantah pada kondisi muka air normal (MAN) tanpa beban gempa senilai 1,821 (Aman), dengan beban gempa Operating Basis Earthquake (OBE) senilai 1,228 (Aman), dengan beban gempa Maximum design earthquake (MDE) senilai 1,288 (Aman). Nilai keamanan tubuh bendungan Jlantah pada kondisi muka air cepat surut (*Rapid DrawDown*) tanpa beban gempa senilai 1,623 (Aman), dengan beban gempa Operating Basis Earthquake (OBE) senilai 1,416 (Aman), dengan beban gempa Maximum design earthquake (MDE) senilai 1,361 (Aman).

Sebagai rekomendasi pada pemilik pekerjaan bahwa secara umum tingkat keamanan terhadap beban gempa Operating Basis Earthquake (OBE) senilai 1,228 (Aman) maka jika diperlukan perubahan disain bendung secara minor masih relatif diperbolehkan.

REFERENSI

- AASHTO 1993. Guide for Design of Pavement Structures. AASHTO, Washington, DC.
- A.G Kartasapoetra, dkk. 1991. Teknologi Konservasi Tanah dan Air. Jakarta: Rineka Cipta. Jakarta
- ASTM D 2487 – 06, (2006), Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System), ASTM Internasional, United States.
- Anderson, M.G., Richard K.S. 1987. Slope Stability, Geotechnical Engineering and Geomorphology. John Wiley and Sons.
- Badan Standarisasi Nasional. 2017. SNI 8460-2017 Persyaratan Perencanaan Geoteknik. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Das, B.M.1995. Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis), Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Fauzief, M., & Suhendra, A. (2018). Efek Dari Dynamic Compaction (DC) Terhadap Peningkatan Kuat Geser Tanah. Jurnal Mitra Teknik Sipil, Vol. 1, No. 2, November 2018: 205-214. <https://journal.untar.ac.id/>. Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). Mekanika Tanah I. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Mawardi Erman, Memed Moch. (2010) Desain Bangunan Bangunan Irigasi. Bandung.
- Monintja, S. (2014). Analisis Kestabilan Lereng. Jurnal Sipil Statik Vol.2 No.3, Maret 2014 (139-147) ISSN: 2337-6732, 142. Manado.
- Nasmiarta, Z. (2016). Analisa Stabilitas tubuh bendungan pada Perencanaan Bendungan Ladongi Kabupaten Kolaka Timur Sulawesi Tenggara (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya). Surabaya.
- Pebriana, N., & Hidayat, D. P. (2017, September). Single Reservoir Operation Model Using Non Linear Program (Case Study: Darma Reservoir In West Java). In The Third International Conference on Sustainable Infrastructure and Built Environment (p. 263).
- Prandono, T. (2022). Efektifitas Bendungan Gesing Kerjo dalam Penanggulangan Dampak Timbunan Lumpur Akibat Muatan Transport Sedimen. Surakarta Civil Engineering Review (SCER), 2(2), 9-20.
- Putra, Dwi Nanda, and Sri Hetty Susantin. Analisis Stabilitas Tubuh Bendungan.

- Raknamo. RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil 4.3 (2018): 95. Yogyakarta.
- Putra, Tjokorda Gde Suwarsa, I. Nyoman Aribudiman, and Gede Rico Juliawan. Analisis stabilitas lereng pada bendungan titab. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil 20.1 (2016): 1689-1699. Bali.
- Renaningsih, R., Susanto, A., & Aditama, B. (2019). Analisis Stabilitas Tubuh Bendungan pada Bendungan Gondang Kabupaten Karanganyar. Seminar Nasional Teknik Sipil IX 2019. Surakarta
- Soedibyo, 1993. Teknik Bendungan. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. (2016). SNI 8064:2016 Metode Analisis Stabilitas
- Lereng Statik Bendungan Urugan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2022. (2022). Tindak Pidana Kekerasan Seksual. Peraturan BPK. <https://peraturan.bpk.go.id>.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2003 Nomor 39.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2019. (2019). Perubahan atas Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1974 tentang Perkawinan. Peraturan BPK. <https://peraturan.bpk.go.id>
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2007 tentang Pemberantasan Tindak Pidana Perdagangan Orang. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 58.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2004 tentang Penghapusan Kekerasan dalam Rumah Tangga. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 95.
- Universitas Gadjah Mada. (2023, Oktober 15). Kaum perempuan masih mengalami diskriminasi dan kesenjangan karir di lingkungan kerja. <https://ugm.ac.id/id/berita/kaum-perempuan-masih-mengalami-diskriminasi-dan-kesenjangan-karir-di-lingkungan-kerja/>
- Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. (2024, Januari 15). Problem diskriminasi perempuan marak terjadi, pentingnya regulasi berbasis kesetaraan gender. <https://www.umy.ac.id/problem-diskriminasi-perempuan-marak-terjadi-pentingnya-regulasi-berbasis-kesetaraan-gender>
- Valentina, E., & Dewi, P. (2017). Implementasi CEDAW tentang penghapusan diskriminasi perempuan: Studi kasus pemilu di Indonesia tahun 2009 dan 2014. Jurnal Demokrasi, 12(3), 45-67.
- World Economic Forum. (2021). Global gender gap report 2021. <https://www.weforum.org/reports/global-gender-gap-report-2021>