JIUBJ Jurnal Ilmiah
Universitas Batanghari Jambi
Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi 23, 1 (2023): 1035-1042
DOI: 10.33087/jiubj.v23i1.2249
http://ji.unbari.ac.id/index.php/ilmiah

Analisis Stabilitas Lereng Bendungan terhadap Beban Gempa sebagai Upaya Pengurangan Bencana (Studi Kasus: Bendungan Jlantah)

Nurul Chayati, Muhammad Hasan Wicaksono, Fadhila Muhammad Libasut Taqwa
Program Studi Teknik Sipil, Universitas Ibn Khaldun Bogor
Correspondence email: nurulais12345@gmail.com; muhawick@gmail.com; fadhila.muhammad@uika-bogor.ac.id

Abstrak. Indonesia merupakan negara yang memiliki aktivitas seismik yang cukup tinggi dan rawan terhadap bahaya gempa, sehingga konstruksi bendungan urugan di Indonesia perlu memperhatikan kestabilan terhadap keruntuhan akibat massa tanah dan beban gempa. Bendungan Jlantah terletak di Karanganyar, Jawa Tengah. Bendungan ini direncanakan untuk kebutuhan irigasi seluas 1493 Ha dan air baku 150 liter/detik.. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai faktor keamanan (Fk) pada tubuh Bendungan Jlantah. Metode yang digunakan adalah metode analisis data secara kuantitatif perhitungan koefisien beban gempa terkoreksi OBE dan MDE, analisis dilakukan dengan bantuan program komputer yaitu *GeoStudio* 2012. sedangkan jika koefisien gempa tidak diketahui Fs ≥ 1,5. Metode yang digunakan berdasarkan acuan dari KP 02-Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Utama dan KP 06-Kriteria Perencanaan Bagian Parameter Bangunan, serta Pd T-14-2004-A. Syarat (Fs ≥ 1,2) yang digunakan sebagai landasan teori yang dikutip dari teori Prof. Hoek (1981) yang menyatakan bahwa dengan diketahuinya koefisien gempa, dapat menggunakan Fs ≥ 1,2 sedangkan jika koefisien gempa tidak diketahui maka Fs ≥ 1,5 analisis stabilitas bendungan tipe urugan akibat gempa. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa pada saat air maksimum dan gempa untuk badan bendungan jlantah dinyatakan aman dari kegagalan struktur baik. Hasil penelitian bahwa pada kondisi gempa MDE dari muka air maksimum diperoleh hasil Fk > 1,0 Fk minimum, muka air maksimum diperoleh hasil Fk > 1,2 Fk minimum dengan kondisi gempa OBE.

Kata kunci: *Analisis stabilitas*; *bendungan urugan, faktor keamanan; gempa*

Abstract. *Indonesia is a country that has quite high seismic activity and is prone to earthquake hazards, so the construction of embankment dams in Indonesia needs to pay attention to stability against collapse due to soil mass and earthquake loads. Jlantah dam is located in Karanganyar, Central Java. This dam is planned for irrigation needs of 1493 hectares and raw water of 150 liters/second. This study aims to determine the safety factor (Fs) on the Jlantah Dam body. The method used is a quantitative data analysis method, the calculation of the earthquake coefficient corrected by OBE and MDE, carried out with the help of a computer program, namely GeoStudio 2012. Meanwhile, if the earthquake coefficient is known not to be Fs 1.5. The method used is based on references from KP 02-Planning Criteria for Main Building Section and KP 06-Planning Criteria for Parameters Section, and Pd T-14-2004-A. The terms (Fs 1,2) which are used as the theoretical basis are quoted from the theory of Prof. Hoek (1981) stated that by knowing the earthquake coefficient, Fs 1.2 can be used, while if the earthquake coefficient is not known Fs 1.5 Analysis of Earthquake Backfill Type Dam Stability. From the results of the study, it was found that at the time of maximum water and the earthquake for the road dam body was declared from a good structural failure. The results of the bottom study on MDE earthquake conditions from the maximum water level obtained Fk > 1.0 Fk minimum, the maximum water level obtained Fk > 1, 2 Fk minimum with OBE earthquake conditions.*

Keywords**:** *a safety factor; earthquake, embankment type dam, stability analysis.*

PENDAHULUAN

Bendungan merupakan salah satu bangunan infrastruktur bidang sumber daya air yang penting dan memberikan manfaat bagi masyarakat setempat. Saat ini masyarakat sudah dihadapkan pada kenyataan bahwa ketersediaan sumber daya air sudah sangat kritis karena kondisi iklim yang fluktuatif antara debit hujan yang besar dan air yang semakin hari semakin menurun. Salah satu penanganan yang terbaik adalah dengan pendekatan struktural, yaitu membangun penampung–penampung air seperti bendungan. (Mulyono & Joko, 2017). Bendungan Jlantah berpotensi menyuplai air

irigasi di area pertanian seluas 1.493 ha yang terbagi untuk intensitas tanam daerah irigasi esksisting seluas 805 ha dan areal irigasi baru seluas 688 ha. Selain itu bendungan Jlantah juga akan dimanfaatkan sebagai suplai air baku 150 l/dt dan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM) 625 kW (PT. Aditya Engineering Consultant, 2017).

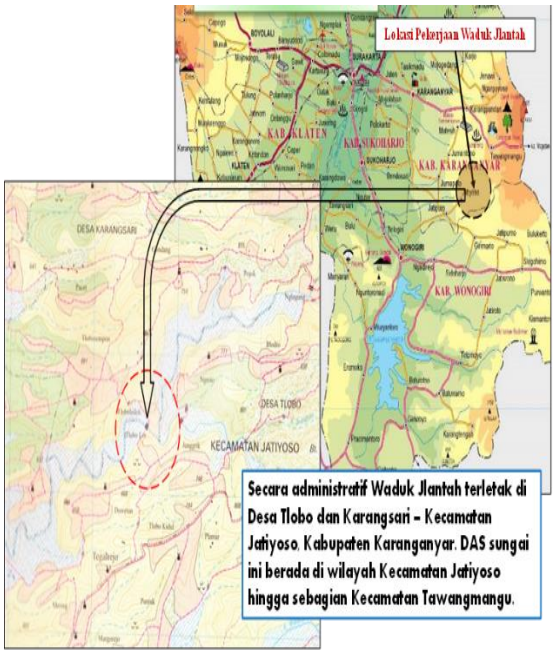
Walaupun pembangunan bendungan Jlantah mempunyai nilai manfaat yang besar, tetapi disisi yang lain terdapat berbagai potensi bencana yang bisa menyebabkan kerugian materil dan korban jiwa. Pembangunan bendungan baru harus mengikuti kaidah konsepsi keamanan bendungan. Konsepsi Keamanan Bendungan adalah dalam rangka melindungi masyarakat dari ancaman potensi bahaya bendungan, maka pembangunan dan pengelolaan bendungan perlu diatur secara khusus pada Peraturan Menteri PUPR Nomor 27/PRT/M/2015 tentang Bendungan yang mengatur mengenai antara lain: pembangunan bendungan dan pengelolaan bendungan. Sebagaimana disebutkan dalam Peraturan Menteri PUPR Nomor 27/PRT/M/2015, pasal 2 dinyatakan bahwa Pembangunan Bendungan dan Pengelolaannya dilaksanakan berdasarkan pada Konsepsi Keamanan Bendungan yang terdiri dari 3 pilar, yaitu: (a) keamanan struktur, aman terhadap kegagalan stuktural, aman terhadap kegagalan hidraulis, dan aman terhadap kegagalan rembesan (b) operasi, pemeliharaan dan pemantauan dan (c) kesiapsiagaan tindak darurat (Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi, 2017).

Bendungan Jlantah ini merupakan jenis bendungan tipe urugan atau timbunan tanah dengan inti tegak yang mempunyai kapasitas tampungan air besar yaitu 11,96 juta m^3. Sehingga desain bendungan Jlantah, harus mempertimbangkan faktor keamanan terhadap pengaruh kestabilan lereng bendungan. Berdasarkan pengalaman di Amerika Serikat (USBR) dan di negara-negara lain di dunia kurang lebih 12% dari bendungan tipe urugan yang mengalami keruntuhan disebabkan karena pengaruh kestabilan lereng bendungan. Kestabilan lereng suatu bendungan merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi dalam suatu bendungan, dimana jika syarat kestabilan lereng tersebut tidak terpenuhi, maka bisa mengakibatkan masalah keamanan bendungan yang meliputi retakan, rembesan, dan longsoran. Kestabilan lereng ini dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain material tubuh bendungan, kemiringan tubuh bendungan, gelombang air atau beban gempa dan lain-lain. (Tanjung dkk, 2017)

Bendungan urugan tanah juga lebih rentan terhadap gempa hal ini ditunjukan beberapa bendungan urugan mengalami deformasi akibat gempa yang melampaui 50% tinggi jagaan sehingga memerlukan analisis lebih lanjut. Oleh karena itu penelitian ini akan mengkaji tingkat faktor keamanan (Fk) stabilitas lereng pada bendungan Jlantah, sehingga hal ini dapat menjadi langkah untuk mitigasi pengurangan risiko.

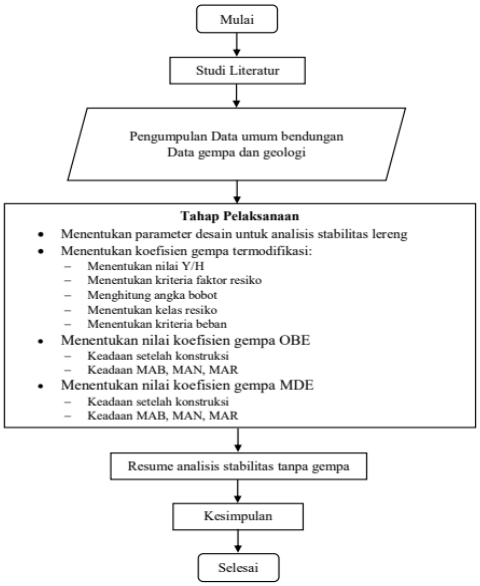
METODE

Metode ini dimulai dengan pembahasan awal dengan pengumpulan data sekunder seperti peta topografi, peta geologi regional, peta rupa bumi Indonesia (RBI) dan peta zona gempa indonesia untuk mencari ataupun mengambil data yang berada di permukaan bumi. Setelah studi literatur dan data sekunder lengkap, kemudian dilakukan survei dan penyelidikan di lokasi penelitian.



Sumber: data olahan

Gambar 1
Lokasi penelitian



Sumber: data olahan

Gambar 2
Bagan alir penelitian

HASIL

Survei lapangan dilakukan untuk mengetahui data-data teknis serta keadaan dan kondisi terkini dari bendungan Jlantah sebagai studi kasus dari penelitian ini. Hal ini dianggap perlu dilakukan agar dalam melakukan analisa stabilitas lereng bisa menggunakan data yang akurat. Bendungan Jlantah berada pada ketinggian 70 m di dasar sungai Jlantah. Lokasi As Bendungan Jlantah Kabupaten Karanganyar.



Sumber: Google Earth (2017)

Gambar 3
Lokasi Bendungan Jlantah

Menentukan Parameter Desain

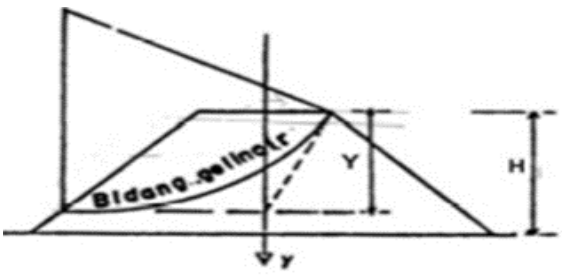
Penentuan parameter desain untuk Analisis Lereng Indikator capaian yang ditargetkan pada tahap ini yaitu mengetahui masing-masing nilai K (m/sec), ɣsat (KN/m3), Cohesi (c) (Kpa), Phi ϕ (°), dan Material Model dari jenis material bendungan Jlantah.

Tabel 2
Parameter Desain

No	Material	K (cm/detik)	γ (kN/m^3)	c (kN/m^2)	ϕ (°)	Ra (%)	Material Models
1	Inti	6,72 x 10^{-7}	11,922	2,06	16,25	70	Mohr-Coulomb
2	Filter	1,00 x 10^{-3}	22,43	0	29		Mohr-Coulomb
3	Random Halus	1,53 x 10^{-4}	12,82	0,2	19		Mohr-Coulomb
4	Random Kasar	1,08 x 10^{-3}	16,48	0	35		Mohr-Coulomb
5	Rip-rap	1,00 x 10^{-1}	21,57	0	40		Mohr-Coulomb
6	Toe drain	1,00 x 10^{-1}	21,57	0	40		Mohr-Coulomb
7	Foundation	1,00 x 10^{-5}	19,06	4,84	41	40	Mohr-Coulomb

Sumber: DD Bendungan Jlantah oleh BBWS Bengawan Solo, (2017)

Menentukan Koefisien Gempa Termodifikasi



Sumber: Pd. T-14-2004-A (2004)

Gambar 4
Titik Y/H

Hal ini untuk mengetahui titik yang sudah ditentukan, untuk perhitungan titik elevasi Y/H dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut: $H = (EP - EK)$; $Y = (EP - EK)^*$ Y/H; Elevasi $Y/H = (EP - Y)$

dengan: H = Tinggi bendungan; Y = Kedalaman bidang gelincir dari puncak bendungan; EP = Elavasi puncak; dan EK = Elavasi kaki. Koefisien gempa desain pada tubuh bendungan yang merupakan fungsi dari kedalaman, dapat dihitung dengan persamaan: $Ko = a_2 \times Kh$; dengan: Ko = Koefisien gempa terkoreksi di

permukaan tanah; a^2= Koreksi pengaruh jenis struktur = 0,5; Kh = Koefisien gempa dasar.

Dalam analisis ini koefisien gempa pada kedalaman Y dari puncak bendungan berbeda-beda. Untuk analisis stabilitas peninjauan dilakukan pada h = 0,25 h ; 0,5 h ; 0,75 h ; dan 1 h. dan H adalah tinggi bendungan, dengan menggunakan Kh pada periode ulang sesuai dengan yang dipersyaratkan. Koefisien gempa rata-rata Kh pada Y yang berbeda-beda dan dapat dihitung dengan persamaan:

$$K = Ko \times (2 - 0{,}6 \times \left(\frac{Y}{h}\right))$$

dengan: Ko = Koefisien gempa, HH = Tinggi bendungan, *Y* = Kedalaman bidang gelincir dari puncak bendungan.

Nilai faktor resiko wilayah gempa untuk Bendungan Jlantah sebesar 32, maka daerah Bendungan Jlantah termasuk ke dalam kelas resiko gempa 4 (ekstrem). Berdasarkan pedoman analisis dinamis bendungan urugan dari Dirjen SDA tersebut, maka pemilihan periode ulang gempa dengan tidak ada kerusakan (OBE) adalah 100 tahun, dan periode ulang gempa boleh terdapat kerusakan tanpa keruntuhan (MDE) adalah 10000 tahun. Adapun peta gempa yang digunakan adalah peta gempa yang dikeluarkan oleh Satker Puslitbang SDA, No.: DSM/PA.o2.03/03-1/La-bhgk/2012, Lampiran Teknologi, Peta Kegempaan di Indonesia Untuk Analisa Dinamik Bangunan Air, Desember 2012. Perhitungan koefisien gempa statis dan gempa termodifikasi OBE, dihitung berdasarkan Gambar 2 : "Peta Percepatan di Batuan Dasar (S_B) Untuk Periode Ulang 100 Tahun". Sedang untuk perhitungan koefisien gempa termodifikasi MDE, dihitung berdasarkan Gambar 2: "Peta Percepatan di Batuan Dasar (S_B) Untuk Periode Ulang 10000 Tahun".

Koefisien gempa dasar untuk periode ulang 100 tahun dan 10000 tahun. Analisis stabilitas dilakukan dengan metode keseimbangan batas dengan menggunakan koefisien gempa K yang keluarannya berupa faktor keamanan. Kala ulang gempa yang dipakai bergantung pada hasil kala ulang OBE (Operating Basic Earthquake)/persyaratan tanpa kerusakan dan MDE (Maximum Design Earthquake)/ persyaratan diperkenankan ada kerusakan tanpa keruntuhan. Berikut ini hasil tabel gempa termodifikasi.

Tabel 3
Koefisien Gempa

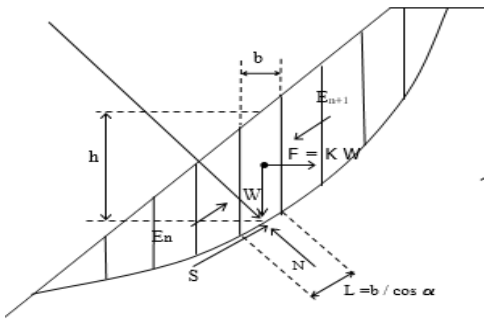
No.	Deskripsi	Gempa Termodifikasi	
		OBE	MDE
1.	Ko = α * Kh	0.076	0.331
2.	Koef. gempa K untuk rasio Y/H :		
a)	0.25 -> K=Ko x (2.5 – 1.85(Y/H)) =	0.156	0.675
b)	0.50 - >K=Ko x (2.0 – 0.60 (Y/H)) =	0.130	0.563
c)	0.75 -> K=Ko x (2.0 – 0.60 (Y/H)) =	0.119	0.514
d)	1.00 -> K=Ko x (2.0 – 0.60 (Y/H)) =	0.107	0.464

Sumber: DD Bendungan Jlantah oleh BBWS Bengawan Solo (2017)

Data Umum Bendungan: Luas DAS : 22,47 Km^2; Muka Air Banjir (Q-PMF) : EL. +688,750; Muka Air Banjir (Q1000) : EL. +687,460; Muka Air Normal : EL. +685,000; Muka Air Minimum : EL. +662,000; Luas Genangan Air Banjir : 53,50 Ha; Luas Genangan Air Normal : 50,45 Ha; Luas Genangan Air Minimum : 27,38 Ha; Tampungan Air Banjir : 11,96 Juta m^3; Tampungan Air Normal : 10,97 Juta $m^{3;}$ Tampungan Air Minimum : 2,67 Juta m^3; Tampungan Efektif : 8,30 Juta m^3; Tipe : Urugan; Panjang puncak bendungan : 404,00 m; Tinggi Bendungan : 70,00 m; Tinggi bend. dari dasar sungai : 65,00 m; Elevasi puncak bendungan : EL. + 690,00; Elevasi pondasi terdalam : EL. + 620,00; Lebar puncak bendungan :12,00 m; Kemiringan lereng hulu : 1:3,2; Kemiringan lereng hilir : 1:2; Elevasi Puncak Main Cofferdam : EL. + 653,00; Lebar Puncak Main Cofferdam : 6,00 m;

Analisa Stabilitas Lereng

Analisis menggunakan perangkat lunak Slope/W. Dalam perangkat lunak ini, angka keamanan terhadap gelincir dihitung dengan 2 (dua) metode yaitu: (1) Angka keamanan berdasarkan keseimbangan momen; (2) Angka keamanan berdasarkan keseimbangan gaya.



Sumber: DD Bendungan Jlantah oleh BBWS Bengawan Solo, (2017)

Gambar 5
Gaya yang bekerja pada lereng

Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Geo-Studio 2007

Perhitungan atau analisis pada stabilitas lereng dapat menggunakan beberapa program komputer yang dapat mempermudah menganalisis lereng. Untuk lereng pada bendungan utama (main dam) Jlantah ini dianalisis menggunakan program komputer Geo-Studio2007. Analisis pada Geo-Studio2007 fitur SLOPE/W ini yang kita input diantaranya, dimensi bendungan Jlantah, kemudian penentuan jenis material yang digunakan, dan terakhir memasukkan data-data hasil uji laboratorium agar dapat digunakan sebagai parameter dalam menganalisis stabilitas lereng bendungan Jlantah.

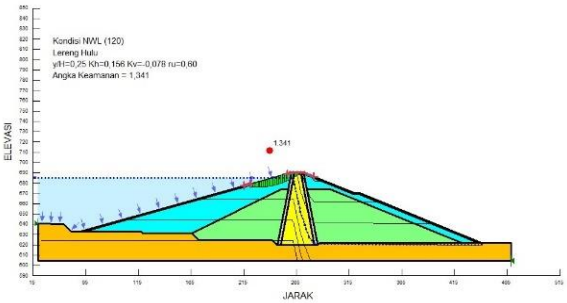
Langkah-langkah yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut: (Yusuf dkk., 2018)

1. Pastikan Geo-Studio2007 yang digunakan adalah yang *Full License* agar semua fitur dapat dipakai guna kepentingan menganalisis sebuah lereng.
2. Kemudian memasukkan data meterial yang terdapat pada bendungan.
3. Setelah memasukkan jenis material kemudian memasukkan data-data lab yang ada diantaranya kepadatan, kohesi, volume dan lain-lain. Caranya bisa memakai menu *Key In Materials*.
4. Setelah semua terinput baik itu dimensi (gambar) bendungan Jlantah, jenis material yang digunakan, dan terakhir memasukkan data- data hasil uji laboratorium, maka langkah terakhir adalah menjalankan menggunakan fasilitas "*Solve Analysis*". Hasil analisis stabilitas lereng menggunakan program *Geo-Studio2007 fitur SLOPE/W.*

Tabel 4
Hasil analisis stabilitas lereng dengan gempa termodifikasi OBE.

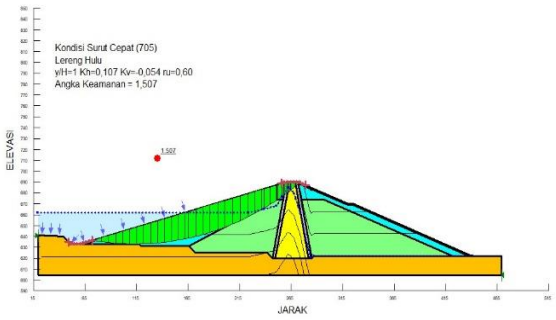
No.	Description	Angka Keamanan (T=100 tahun)				
		Y/H = 0.25	Y/H = 0.50	Y/H = 0.75	Y/H = 1	Angka Keamanan Ijin
	Koefisien Gempa	**0.156**	**0.130**	**0.119**	**0.107**	
1	Empty (U/S)	1.922	1.910	1.928	1.956	1.20
2	Empty (D/S)	1.428	1.476	1.452	1.431	1.20
3	Normal Water Level (U/S)	1.341	1.364	1.396	1.462	1.20
4	Normal Water Level (D/S)	1.411	1.487	1.444	1.426	1.20
5	Rapid Drawdown (U/S)	1.878	1.873	1.505	1.507	1.20

Sumber: data olahan



Sumber: data olahan

Gambar 6
Analisis Stabilitas gempa dengan OBE kondisi NWL



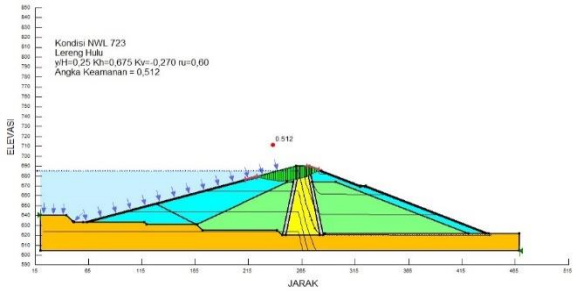
Sumber: data olahan

Gambar 7
Analisis stabilitas gempa dengan obe kondisi *rapid drawdown*

Tabel 5
Hasil analisis stabilitas lereng dengan gempa termodifikasi MDE

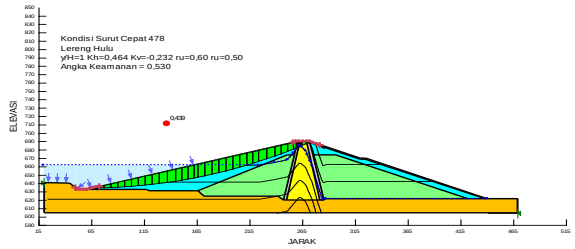
No.	Description	Angka Keamanan (T=10000 tahun)				Angka Keamanan Ijin
		Y/H = 0.25	Y/H = 0.50	Y/H = 0.75	Y/H = 1	
	Koefisien Gempa	**0.675**	**0.563**	**0.514**	**0.464**	
1	Empty (U/S)	0.828	0.853	0.885	0.843	1.00
2	Empty (D/S)	0.787	0.798	0.798	0.854	1.00
3	Normal Water Level (U/S)	0.512	0.492	0.501	0.438	1.00
4	Normal Water Level (D/S)	0.916	0.976	0.971	0.896	1.00
5	Rapid Drawdown (U/S)	0.769	0.752	0.600	0.439	1.00

Sumber: data olahan



Sumber: data olahan

Gambar 8
Analisis stabilitas gempa dengan MDE kondisi NWL



Sumber: data olahan

Gambar 9
Analisis stabilitas gempa dengan MDE kondisi *rapid drawdown*

Angka keamanan pada kondisi MDE lebih kecil dari 1, maka dilakukan analisa dinamik. Analisa dinamik untuk Bendungan Jlantah akan dilakukan dengan metode alihan tetap cara *Makdisi-Seed*. Prosedur perhitungan analisis dinamik dengan cara Makdisi-Seed ini secara garis besarnya dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Lakukan studi resiko gempa dalam menentukan parameter gempa untuk memperoleh percepatan gempa desain di permukaan tanah, a_d dan M_s pada periode ulang sesuai dengan kriteria, spektrum percepatan gempa penormalan Sa/a_d dengan redaman D, dan koreksi pengaruh rasio redaman D dengan Cn (kesemua nilai tersebut dapat diperoleh dari grafik-grafik yang dikeluarkan oleh *Seed & Idriss* (1970).
2. Lakukan analisa stabilitas pada Y/H = 0.25; 0.50; 0.75; & 1.00 dengan mengubah-ubah nilai Kh pada bidang longsor kritis dengan data parameter tanah semua dalam kondisi tegangan efektif. Berdasarkan hal tersebut. tentukan nilai k_y (percepatan gempa kritis pada FK = 1).
3. Tentukan parameter dinamik material tanah Vs_{max} dan G_{max}; grafik hubungan antara G/G_{max} dan D dengan regangan geser (ε) dari pondasi dan tubuh bendungan/dam sesuai dengan prosedur yang dikeluarkan oleh Seed & Idris (1970).
4. Hitung atau taksir nilai Vs_{max} dengan persamaan:
   $\beta_1 = 2.404$; $\omega_1 = 2.404.\ Vs/H$; $T_1 = 2\pi/\omega_1 = 2.614.H/Vs$; $Sa_1 = Cn \times a_d \times Sa/a_d$
   $\beta_2 = 5.520$; $\omega_2 = 5.520.\ Vs/H$; $T_2 = 2\pi/\omega_2 = 1.138.H/Vs$; $Sa_2 = Cn \times a_d \times Sa/a_d$
   $\beta_3 = 8.654$; $\omega_3 = 8.654.\ Vs/H$; $T_3 = 2\pi/\omega_3 = 0.726.H/Vs$; $Sa_3 = Cn \times a_d \times Sa/a_d$
   $\varepsilon_{(rata)ek} = 0.195 \times (H/Vs^2) \times Sa_1$; kemudian dari grafik hubungan antara G/G_{max} dengan ε cari nilai G/G_{max} tersebut pada $\varepsilon_{(rata)ek}$ dan hitung G dan Vs yang baru serta ditulis dalam nilai G_b dan V_b.
5. Periksa ketelitian taksiran Vs dangan persamaan $((Vs - V_b)/Vs) \times 100\%$. Jika taksiran lebih besar dari 5% maka ulangi langkah 4 dan 5 dengan menggunakan taksiran $Vs = V_b$. Namun jika taksiran kurang atau sama dengan 5% dengan hasil perhitungan, lanjutkan dengan langkah berikut.
6. $u_{max} = [2.56.Sa_1^{\ 2} + 1.12.Sa_2^{\ 2} + 0.74.Sa_3^{\ 2}]^{0.5}$
   Dari grafik hubungan antara k_{max}/u_{max} dengan Y/H diperoleh nilai k_{max}. Kemudian denan grafik hubungan antara u_k dengan k_y/k_{max} dapat ditentukan nilai deformasi (u) yang terjadi.
7. Alihan tetap yang terjadi (u) tidak boleh melampaui 50% dari tinggi jagaan (free board).

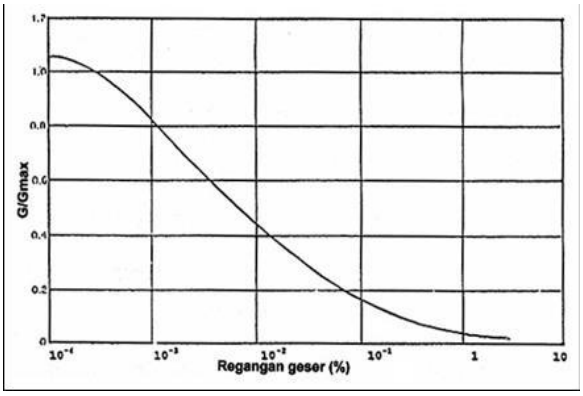
Sebagai langkah awal dalam analisis dinamik dengan metode Makdisi-Seed ini adalah mencari nilai koefisien gempa maksimum (Kh) pada beberapa tinjauan kedalaman yang menyebabkan nilai SF = 1.00, yang mana nilai ini pada akhirnya dinotasikan sebagai k_y. Tabel 6 di bawah ini menunjukkan prosedur penentuan nilai k_y tersebut:
Dengan cara yang sama menggunakan bantuan program SLOPE, didapatkan nilai koefisien gempa kritis untuk berbagai kedalaman.

Tabel 6
Koefisien gempa kritis

Y/H	k_y	
	Upstream	Downstream
0.25	0.202	0.260
0.5	0.183	0.276
0.75	0.178	0.270
1	0.176	0.258

Sumber: data olahan

Selanjutnya langkah pengerjaan analisis dinamik ini dengan proses iterasi dengan menentukan nilai modulus geser dengan mengambil nilai regangan geser awal sebesar 10^{-3}%. Grafik hubungan antara perbandingan modulus geser terhadap modulus geser maksimum (G/G_{max}) dengan regangan geser untuk tanah non kohesif diberikan pada gambar di bawah ini:



Sumber: data olahan

Gambar 10
G/Gmax terhadap regangan geser untuk tanah Lempung

Tabel 7
Nilai Tipikal Dari Modulus Geser Awal (initial)

Tipe Tanah	Modulus Geser Awal Gmax (kPa)
Lempung Lunak	2.750 – 13.750
Lempung Teguh *(firm)*	6.900 – 34.500
Pasir Lanauan	27.500 – 138.000
Pasir Padat dan Kerikil	69.000 – 345.000

Sumber: Analisis Dinamik Bendungan Tipe Urugan, Pedoman, BK NSPM-22

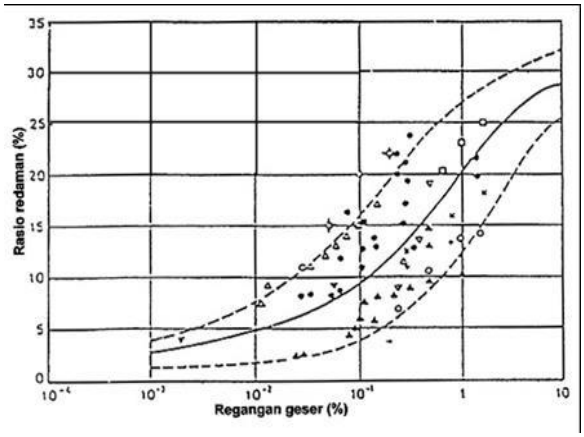
Timbunan inti berupa lempung teguh maka nilai Gmax diambil 20.700 kPa. Selanjutnya nilai-nilai utama parameter dinamik tanah, yaitu cepat rambat geser (*Vs*), rasio redaman (*D*) dan faktor koreksi (*Cn*) dapat dicari dengan bantuan grafik-grafik. Untuk penentuan nilai cepat rambat geser (Vs), dapat digunakan formula berikut ini:

$$Vs = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

dengan ρ merupakan rapat massa tanah yang bersangkutan dan dapat dicari dari persamaan:

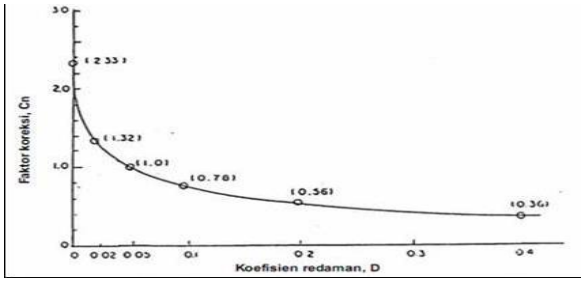
$$\rho = \frac{\gamma}{g}$$ (g = percepatan gravitasi)

Sedangkan grafik-grafik yang dapat digunakan adalah sebagai berikut:



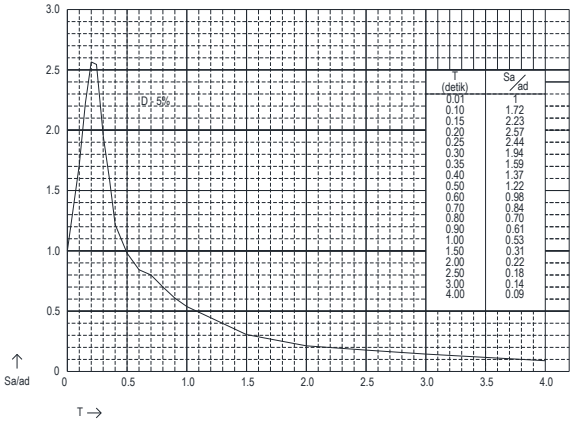
Sumber: data olahan

Gambar 11
Rasio Redaman Terhadap Regangan Geser Untuk Tanah Kohesif



Sumber: data olahan

Gambar 12
Rasio Redaman Terhadap Regangan Geser untuk Tanah Non Kohesif Untuk Nilai Rasio Redaman Tidak Sama dengan 5%

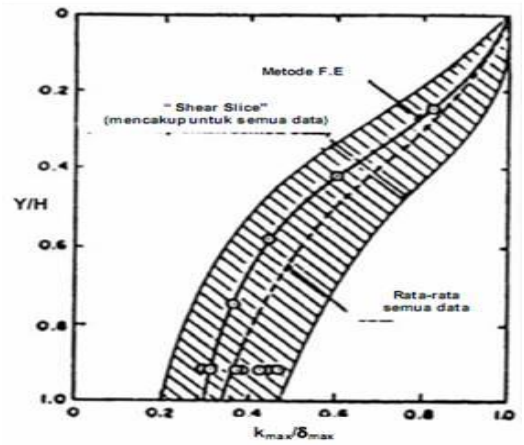


Sumber: data olahan

Gambar 13
Ragam percepatan gempa penormalan untuk fondasi batuan (Ts ≥ 0,25 detik)

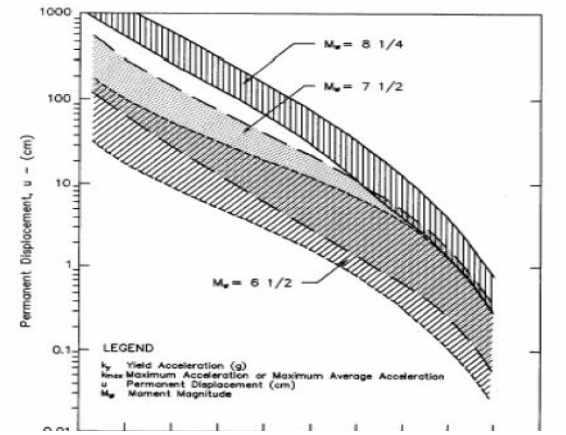
Selanjutnya untuk menentukan deformasi maksimum yang terjadi di puncak bendungan akibat adanya beban dinamik ini, akan digunakan bantuan grafik Y/H terhadap

k_{max}/u_{max} serta grafik u_k terhadap k_y/k_{max} pada gambar di bawah ini:



Sumber: data olahan

Gambar 14
Perbandingan Y/H terhadap kmax/umax.



Sumber: data olahan

Gambar 15
perbandingan deformasi terhadap ky/kmax.

Dengan nilai u_{max} yang telah di dapat dan nilai-nilai k_y yang telah didapat pula, besarnya perbandingan nilai k_y terhadap k_{max} yang terjadi pada puncak bendungan dengan berbagai tinjauan kedalaman diberikan seperti tabel berikut ini:

Tabel 8
Hasil analisa Mekdisi-Seed Hulu

Lereng	Maknitudo Mw	Y/H	F_K	ümax (g)	Kmaks/ ümax	K_{maks}	K_y	K_y/K_{maks}	U m	½ tinggi jagaan	Ket.
1	2	3	4	5	6	7=5*6	8	9=8:7	10	11	12
Hulu	6.5	0.25	0.190	0.440	0.842	0.371	0.234	0.632	0.03	2.50	Aman
		0.50	0.239	0.440	0.600	0.264	0.212	0.803	0.01	2.50	Aman
		0.75	0.275	0.440	0.432	0.190	0.208	1.094	-	2.50	Aman
		1.00	0.331	0.440	0.320	0.141	0.202	1.435	-	2.50	Aman
	7.5	0.25	0.190	0.440	0.842	0.371	0.234	0.632	0.10	2.50	Aman
		0.50	0.239	0.440	0.600	0.264	0.212	0.803	0.02	2.50	Aman
		0.75	0.275	0.440	0.432	0.190	0.208	1.094	-	2.50	Aman
		1.00	0.331	0.440	0.320	0.141	0.202	1.435	-	2.50	Aman
	8.25	0.25	0.190	0.440	0.842	0.371	0.234	0.632	**0.30**	2.50	Aman
		0.50	0.239	0.440	0.600	0.264	0.212	0.803	0.04	2.50	Aman
		0.75	0.275	0.440	0.432	0.190	0.208	1.094	-	2.50	Aman
		1.00	0.331	0.440	0.320	0.141	0.202	1.435	-	2.50	Aman

Sumber: data olahan

Tabel 9
Hasil Analisa Mekdisi-Seed Hulu

Lereng	Maknitudo Mw	Y/H	F_K	ümax (g)	Kmaks/ ümax	K_{maks}	K_y	K_y/K_{maks}	U m	½ tinggi jagaan	Ket.
1	2	3	4	5	6	7=5*6	8	9=8:7	10	11	12
Hilir	6.5	0.25	0.366	0.440	0.842	0.371	0.270	0.729	0.02	2.50	Aman
		0.50	0.469	0.440	0.600	0.264	0.260	0.985	0.00	2.50	Aman
		0.75	0.524	0.440	0.432	0.190	0.258	1.357	-	2.50	Aman
		1.00	0.586	0.440	0.320	0.141	0.250	1.775	-	2.50	Aman
	7.5	0.25	0.366	0.440	0.842	0.371	0.270	0.729	0.04	2.50	Aman
		0.50	0.469	0.440	0.600	0.264	0.260	0.985	0.00	2.50	Aman
		0.75	0.524	0.440	0.432	0.190	0.258	1.357	-	2.50	Aman
		1.00	0.586	0.440	0.320	0.141	0.250	1.775	-	2.50	Aman
	8.25	0.25	0.366	0.440	0.842	0.371	0.270	0.729	**0.10**	2.50	Aman
		0.50	0.469	0.440	0.600	0.264	0.260	0.985	0.01	2.50	Aman
		0.75	0.524	0.440	0.432	0.190	0.258	1.357	-	2.50	Aman
		1.00	0.586	0.440	0.320	0.141	0.250	1.775	-	2.50	Aman

Sumber: data olahan

SIMPULAN

Hasil faktor keamanan gempa Stabilitas lereng Bendungan Jlantah, kondisi gempa OBE pada lereng hulu dan hilir memenuhi persyaratan safety factor yakni, FS > 1,2. Stabilitas lereng Bendungan Jlantah, kondisi gempa MDE pada lereng hilir dan lereng hulu (di posisi y/H = 0,25, 0,5, 0,75 dan 1) tidak memenuhi persyaratan (FS < 1), sehingga diperlukan analasis terhadap deformasi.

DAFTAR PUSTAKA

Aditya Engineering Consultant. 2017. *DD Bendungan Jlantah*. Bandung.

Biro Hukum-Sekretariat Jenderal Kementerian Pekerjaan Umum, 2020, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2010 Tentang Bendungan.

Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2004, Analisis Stabilitas Bendungan Tipe Urugan Akibat Beban Gempa Pd.T-14-2004-A

Mulyono, J. 2017. Konsepsi Keamanan Bendungan dalam Pembangunan dan Pengelolaan Bendungan. *Jurnal Infrastrukstur*. 3(1), 62-59.

Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi. 2017. Modul Analisa Stabilitas Bendungan Perhitungan Stabilitas Lereng Pelatihan Perencanaan Bendungan Tingkat Dasar. Bandung.

Tanjung, M. I., dkk. 2017. Screening Analysis Stabilitas Lereng Bendungan Urugan Akibat Gempa di Indonesia. *Jurnal Teknik Hidraulik*. 8(1): 43-52.

Yusuf, M. F., dkk. 2018. Pengaruh Kemiringan Lereng Terhadap Laju Sedimentasi Pada Rencana Bendungan Parigi. *Bulletin of Scientific Contribution.* 16(2), 89-100.