

ANALISIS DINAMIK BENDUNGAN SERMO DI JAWA TENGAH

F. Alfa P. L. T.

NRP : 9621102

NIRM : 41077011960381

Pembimbing : Theodore F.Najoan.,Ir.,M.Eng

**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA
BANDUNG**

ABSTRAK

Bendungan tipe urugan merupakan jenis bendungan yang banyak terdapat di Indonesia. Mengingat fungsinya yang cukup vital dan bahaya yang ditimbulkan bila terjadi kelongsoran cukup besar, maka perlu diadakan evaluasi kestabilan bendungan terhadap beban gempa.

Metode yang dipakai untuk menganalisis stabilitas bendungan yang dipergunakan dalam skripsi ini adalah metode koefisien gempa temodifikasi dan metode dinamik dengan cara alihan tetap dari Maksidi dan Seed. Untuk cara koefisien gempa termodifikasi diambil periode ulang 100 thn, dengan syarat tanpa adanya kerusakan yang serius pada tubuh bendungan. Untuk cara dinamik diambil periode ulang 10000 thn, dengan persyaratan boleh terjadi kerusakan tanpa adanya keruntuhan. Analisis dilakukan dengan bantuan program Slope/W.

Dari hasil analisis dinamik yang dilakukan, untuk periode ulang 100 thn Bendungan Sermo dalam keadaan stabil ($FK \geq 1.2$). Untuk periode ulang 10000 thn, Bendungan Sermo terjadi deformasi di bagian udik. Besarnya deformasi yang mempunyai nilai terbesar terjadi pada keadaan $Y/H = 0.25$ dengan magnitude gempa 8.25, yaitu sebesar 0.442 m. Nilai deformasi ini masih dibawah nilai deformasi ijin, yaitu 1.68 m (setengah tinggi jagaan bendungan) sehingga dapat dikatakan Bendungan Sermo masih dalam keadaan stabil.

DAFTAR ISI

	Halaman
SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR	i
SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Maksud dan Tujuan.....	2
1.3 Pembatasan Masalah	2
1.4 Sistematika Pembahasan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Filosofi dasar gempa bumi	7
2.1.1 Pengertian dan Definisi Gempa Bumi.....	7
2.1.2 Klasifikasi Gempa Bumi	8
2.1.3 Gelombang Gempa	9

2.1.4	Istilah dan Parameter Gempa	10
2.2	Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pemilihan Parameter Gempa untuk Desain Bendungan Tahan Gempa	14
2.2.1	Faktor-Faktor Utama yang perlu Dipertimbangkan dalam Desain Bendungan Tahan Gempa	14
2.2.2	Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Evaluasi Tingkat Keamanan terhadap Gempa	18
2.3	Karakteristik Parameter Evaluasi Gempa	25
2.3.1	Goncangan Maksimum di Tanah Dasar.....	25
2.3.2	Durasi Gempa	29
2.3.3	Ragam Sambutan Gempa.....	30
2.3.3.1	Ragam Percepatan Gempa Desain	31
2.3.4	Sejarah Waktu Percepatan Gempa.....	35
2.3.4.1	Percepatan Gempa Maksimum di Permukaan Tanah	36
2.4	Statistik Kejadian Gempa.....	39

BAB 3 METODE ANALISIS STABILITAS DINAMIK BENDUNGAN

3.1	Penentuan Parameter Dinamik Tanah dan Batuan.....	41
3.1.1	Metode Uji Lapangan.....	42
3.1.1.1	Hubungan antara Modulus Geser dan Kecepatan Rambat Gelombang Geser	42
3.1.1.2	Metode Uji Crosshole	43
3.1.1.3	Uji Suspension PS Logging	44

3.1.1.4	Cara Empiris untuk Memperkirakan Modulus Geser Maksimum dan Cepat Rambat Gelombang Geser.....	45
3.1.2	Metode Uji Laboratorium	46
3.1.2.1	Uji Resonant Column.....	46
3.1.2.2	Uji Triaxial Siklik	47
3.1.3	Metode Empiris (Hasil Laboratorium).....	49
3.2	Analisis Stabilitas Lereng Bendungan	65
3.2.1	Metode Irisan Bidang Luncur Bundar (<i>Slice Method</i>)	66
3.2.2	Metode Irisan Bidang Luncur Kombinasi.....	71
3.3	Analisis dengan Cara Koefisien Gempa	72
3.3.1	Cara Koefisien Gempa	73
3.3.2	Cara Koefisien Gempa Termodifikasi	74
3.4	Analisis dengan Cara Dinamik.....	76
3.4.1	Analisis Alihan Tetap Cara Makdisi & Seed	76

BAB 4 STUDI KASUS

4.1	Tinjauan Umum	79
4.2	Data Bendungan.....	80
4.3	Analisis Dinamik Bendungan Sermo	82
4.3.1	Penentuan Koefisien Gempa Termodifikasi Bendungan Sermo	82
4.3.2	Hasil Analisis Dinamik Bendungan Sermo.....	83

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan 89

5.2 Saran..... 90

DAFTAR PUSTAKAxix

LAMPIRAN

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

- a_c : percepatan gempa dasar (gal)
- a_d : percepatan gempa desain hasil koreksi jenis tanah setempat (gal)
- a_g : percepatan maksimum di permukaan tanah (gal)
- A : Amplituda
- A_o : Amplituda 1/1000 mm
- C_n : faktor koreksi untuk $D \neq 5$ %
- D : koefisien redaman
- E : modulus elastisitas
- FR : Friction Ratio
- FR_{tot} : Faktor resiko total
- FR_k : Faktor resiko pengaruh kapasitas waduk
- FR_t : Faktor resiko pengaruh tinggi bendungan
- FR_e : Faktor resiko kebutuhan evakuasi
- FR_h : Faktor resiko tingkat kerusakan hilir
- G : modulus geser
- H : ketinggian (meter)
- H_i : tebal lapisan ke-i
- K : koefisien gempa

- K_2 : konstanta, tergantung regangan geser dan kepadatan relatif
- K_h : koefisien gempa dasar yang tergantung periode ulang T
- K_o : koefisien gempa desain terkoreksi di permukaan
- MMI : Modified Mercalli Intensity (Skala Intensitas Mercalli)
- M_L : Skala Magnitude gempa oleh Richard Richter
- M_s : Skala Magnitude gempa oleh Guttenberg
- M_b : Skala Magnitude gempa yang didasarkan gelombang badan
- MCE : Maximum Credible Earthquake
- MDE : Maximum Design Earthquake
- N : jumlah tumbukan dari SPT
- OBE : Operating Basis Earthquake
- PHA : the peak horizontal acceleration
- PGA : Peak Ground Acceleration
- ρ : modulus geser
- r : Jarak hiposentrum terdekat
- S_{an} : ragam percepatan gempa normalisasi untuk $D = 5 \%$
- S_{as} : ragam percepatan gempa normalisasi untuk $D = 5 \%$
- T : perioda ulang
- T_s : perioda dominan dari perlapisan tanah dengan regangan besar
- T_g : perioda dominan dari perlapisan tanah dengan regangan kecil
- t_0 : lamanya getaran tanah/ durasi

- V_p : kecepatan rambat gelombang P
- V_s : kecepatan rambat gelombang S
- V_{si} : cepat rambat gelombang geser pada lapisan tanah ke-i (m/det)
- ν : koefisien koreksi pengaruh jenis tanah
- ν : angka poisson
- Z : koefisien zona gempa

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1	Bagan Alir Metode Analisis Stabilitas Dinamik..... 5
Gambar 1.2	Bagan Alir Perhitungan Tetap Cara Maksidi-Seed..... 6
Gambar 2.1	Episentrum dan Hiposentrum..... 9
Gambar 2.2	Ragam Percepatan Gempa Penormalan untuk Batuan 32
Gambar 2.3	Ragam Percepatan Gempa Penormalan untuk Dillivium 33
Gambar 2.4	Ragam Percepatan Gempa Penormalan untuk Alluvium 33
Gambar 2.5	Ragam Percepatan Gempa Penormalan untuk Alluvium Lunak 34
Gambar 2.6	Faktor Koreksi C_n untuk Menentukan Gempa Penormalan dengan $D \neq 5\%$ 34
Gambar 3.1	Hubungan antara Regangan Geser dengan K_2 untuk Pasir..... 50
Gambar 3.2	Hubungan antara G/G_{maks} dengan Regangan Geser untuk Pasir..... 51
Gambar 3.3	Hubungan Antara Rasio Redaman Dengan Regangan Geser untuk Pasir 51

Gambar 3.4	Hubungan Antara G/s_u dengan Regangan Geser untuk Tanah Lempung	52
Gambar 3.5	Hubungan Antara G/G_{max} dengan Regangan Geser untuk Lempung	53
Gambar 3.6	Hubungan antara Rasio Redaman D dengan Regangan Geser untuk Lempung	53
Gambar 3.7	Hubungan antara G_{max} dengan σ untuk Tanah Pasir	56
Gambar 3.8	Hubungan antara G_{max} dengan σ untuk Tanah Lempung	57
Gambar 3.9	Hubungan antara G_{max} dengan σ untuk Tanah Berbutir Kasar	59
Gambar 3.10	Perbandingan Hubungan antara G/G_{max} dengan γ untuk Tanah Pasir	61
Gambar 3.11	Perbandingan Hubungan antara D dengan γ untuk Tanah Lempung	62
Gambar 3.12	Perbandingan Hubungan antara G/G_{max} dengan γ untuk Tanah Lempung	62
Gambar 3.13	Perbandingan Hubungan antara D dengan γ untuk Tanah Lempung	63
Gambar 3.14	Perbandingan Hubungan antara G/G_{max} dengan γ untuk Penelitian Rollins dengan Seed untuk Bahan Berbutir Kasar	64

Gambar 3.15	Perbandingan Hubungan antara D dengan γ untuk Penelitian Rollins dengan Seed untuk Bahan Berbutir Kasar	64
Gambar 3.16	Cara Menentukan Besarnya Harga-Harga N dan T	68
Gambar 3.17	Skema Perhitungan dengan Metode Irisan Bidang Luncur	70
Gambar 3.18	Skema Perhitungan dengan Metode Kuncur Kombinasi .. Metode Wedge	72
Gambar 3.19	Grafik Hubungan K_{max}/U_{max} dengan Y/H	78
Gambar 3.20	Grafik Hubungan antara U_k dengan M_s	78
Gambar 3.21	Penampang Bendungan Sermo	80

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1	Tingkat Kerusakan menurut Besarnya Percepatan Gempa
	Maksimum 20
Tabel 2.2	Kriteria Faktor Resiko Evaluasi Keamanan Bendungan..... 21
Tabel 2.3	Kelas Resiko Bendungan dan Bangunan Air..... 21
Tabel 2.4	Kriteria Beban Gempa untuk Desain Bendungan 22
Tabel 2.5	Kelas Lokasi Tergantung pada Keras Batuan 27
Tabel 2.6	Konstanta β untuk persamaan Kenneth W. Campbell 28
Tabel 2.7	Percepatan Gempa Dasar untuk Berbagai Periode Ulang..... 36
Tabel 2.8	Koefisien Zona Gempa pada Zona A, B, C, D, E, F..... 37
Tabel 2.9	Faktor Koreksi Pengaruh Jenis Tanah Setempat..... 37
Tabel 3.1	Hubungan antara N_{spt} dengan G_{max} dan V_{smax} 45
Tabel 3.2	Rangkuman Persamaan Empiris Penentuan G_{max} untuk
	Pasir 54
Tabel 3.3	Rangkuman Persamaan Empiris Penentuan G_{max} untuk
	Lempung 54
Tabel 3.4	Rangkuman Persamaan Empiris Penentuan G_{max} untuk
	Kerikil (Butir Kasar) 55
Tabel 3.5	Kondisi Perencanaan Teknis untuk Perhitungan Stabilitas
	Bendungan Metode Irisan Bidang Luncur Bundar 70
Tabel 3.6	Contoh Perhitungan Metode Irisan Bidang Luncur
	Bundar 71

Tabel 3.7	Karakteristik Rencana Teknis untuk Perhitungan Stabilitas.. Bendungan Metode Luncur Kombinasi	72
Tabel 3.8	Cepat Rambat Gelombang untuk Bendungan Tipe Urugan.....	77
Tabel 3.9	Parameter Tanah Bendungan Sermo.....	82
Tabel 4.0	Hasil Analisis Stabilitas Lereng Bendungan Sermo Tanpa Gempa Dan Dengan Gempa.....	87
Tabel 4.1	Alihan Tetap Bendungan Sermo Kondisi Steady seepage Upstream (T = 10000 thn).....	88

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Peta Zona Gempa Indonesia	91
Lampiran 2. Gambar Bidang Longsor Kritis Bendungan Sermo	92
Lampiran 3. Grafik Hubungan Antara Koefisien Gempa Dengan FK Pada Kondisi Steady Seepage Upstream	100
Lampiran 4. Grafik Hubungan Antara Koefisien Gempa Dengan FK Pada Kondisi Steady Seepage Downstream	102
Lampiran 5. Gambar Vsmaks	104