

ANALISIS KARAKTERISTIK MATERIAL TIMBUNAN DAN STABILITAS TUBUH BENDUNGAN PADA BENDUNGAN JRAGUNG

Rifaldi Ichsanurrizki^{1*}, Hermono S Budinetri^{2*}, M Hendro Prawaka^{3*}

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

³Site Quality Control Officer, Proyek bendungan Jragung Paket 1 PT. Waskita Karya (Persero) Tbk
Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan Kartasura, Surakarta 57102, Jawa Tengah Indonesia

*Email: rifaldiichsanur@gmail.com

Abstrak

Mendapatkan material tanah dengan kualitas yang baik dan seragam dalam jumlah yang besar tidaklah mudah. Agar didapatkan karakteristik tanah, diperlukan adanya pengujian laboratorium. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah tanah sudah sesuai dengan spesifikasi teknik yang ada. Selain itu diperlukan analisis mengenai stabilitas bendungan dengan dikombinasikan beban gempa sehingga didapatkan nilai faktor keamanan bendungan tersebut apakah memenuhi syarat minimum dari SNI 8064:2016. Hasil pengujian tanah didapatkan kadar air 40,29%, berat jenis 2,62, LL 67,80%, PL 42,42% dan PI 25,38%. Dalam USCS tanah termasuk kelompok MH dan OH. Sedangkan dalam AASHTO tanah masuk kelompok A-7-5. Pengujian proctor didapatkan hasil MDD 1,286 gr/m³, OMC 32,60%, pengujian triaksial CU didapatkan kohesi (c) 0.287 kg/cm² serta sudut geser dalam (ϕ) 16°10'59'. Untuk analisa stabilitas tubuh bendungan menggunakan Geostudio Slope/W 2022 didapatkan nilai FK pada kondisi muka air normal tanpa gempa hulu 3,482, hilir 2,617, dengan beban gempa OBE hulu 2,040, OBE hilir 1,955, dengan beban gempa MDE hulu 1,541 dan MDE hilir 1,611. Dari hasil analisis didapatkan nilai FK telah memenuhi syarat minimum yang ada.

Kata kunci: gempa, karakteristik, stabilitas

Abstract

Obtaining large quantities of good quality and uniform soil material is not easy. To obtain soil characteristics, laboratory testing is required. Tests are carried out to find out whether the soil is in accordance with the existing technical specifications. In addition, an analysis is needed regarding the stability of the dam with combined earthquake loads so that the value of the dam safety factor meets the minimum requirements of SNI 8064:2016. The results of soil testing showed a moisture content of 40.29%, specific gravity of 2.62. LL 67.80%, PL 42.42% and PI 25.38%. In USCS the soil includes the MH and OH groups. While on land AASHTO is included in the A-7-5 group. The proctor test obtained MDD 1.286 gr/m³, OMC 32.60%, CU triaxial test obtained cohesion (c) 0.287 kg/cm² and internal shear angle (ϕ) 16°10'59'. the FK value at normal water level conditions without an earthquake in the upstream is 3.482, in the downstream is 2.617, with an OBE upstream load of 2.040, downstream OBE of 1.955, with an upstream MDE seismic load of 1.541 and downstream MDE is 1.611. From the results of the analysis, the FK value meets the minimum requirements.

Keywords: characteristics, earthquake, stability

1. PENDAHULUAN

Proyek Bendungan Jragung terletak di Desa Candirejo, Kecamatan Pringapus, Kabupaten Semarang. Secara geografis Bendungan Jragung berada pada koordinat 7°09'00.6" lintang selatan dan 110°32'42.5" bujur timur, Proyek pembangunan Bendungan jraagung merupakan proyek yang dibangun oleh Kementrian PUPR melalui Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali Juana, Ditjen Sumber Daya Air dengan kapasitas 90 juta m³ dan dengan luas genangan mencapai 503,1 hektare. Bendungan Jragung merupakan bendungan tipe urugan zonal dengan inti tegak atau vertikal. Penggunaan inti vertikal yang terletak pada pusat bendungan lebih disukai dibandingkan dengan

inti miring karena pada penggunaan inti tegak memberikan tekanan kontak yang lebih tinggi antara inti dan pondasi untuk mencegah kebocoran, memiliki stabilitas yang lebih besar di bawah beban gempa dan juga akan memberikan akses yang lebih baik untuk perbaikan kontrol rembesan nantinya.

Bendungan Jragung terdapat beberapa zona yang terdiri zona 1 (inti), zona 2 (filter), zona 3 (random), zona 4 (transisi), zona5 (rip – rap), zona 6 (toe drain), zona 7 (drain). Pada umumnya material tanah sangat mudah didapatkan, tetapi pada kenyataannya untuk mendapatkan tanah yang berkualitas bagus yang seragam dalam jumlah yang banyak tidak mudah. Untuk mendapatkan karakteristik tanah diperlukan pengujian laboratorium agar agar

diketahui apakah karakteristik teknis material sudah sesuai dengan spesifikasi teknik yang telah ditentukan sebelumnya. Data hasil penelitian nantinya dapat digunakan untuk analisa stabilitas bendungan dengan bantuan perangkat lunak *Geostudio Slope/W 2022*. Stabilitas bendungan merupakan suatu hal yang sangat penting dalam berdirinya sebuah bendungan. Penelitian mengenai stabilitas bendungan dibutuhkan untuk untuk mengetahui keamanan dari bendungan sehingga dapat diketahui sebuah kelayakan dari sebuah bendungan. Stabilitas bendungan merupakan kemampuan bendungan untuk bertahan dari roboh maupun longsor akibat beban dari air maupun beban yang diterima seperti gaya dari tanah, gempa atau yang lainnya. Bendungan tipe urugan tanah memiliki resiko tinggi untuk runtuh akibat dari tekanan hidrostatis air, beban gempa yang diterima dan geometri tanah tersebut. Sehingga diperlukan analisa mengenai stabilitas bendungan dengan dikombinasikan dengan beban gempa. Dari hasil analisa nantinya didapatkan nilai faktor keamanan dari bendungan tersebut.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis ingin membahas mengenai karakteristik timbunan zona inti dan stabilitas tubuh bendungan. Tujuan pada penelitian ini dimaksudkan untuk 1) mengetahui klasifikasi tanah timbunan zona 1 berdasarkan sistem klasifikasi USCS dan AASHTO; 2) mengetahui parameter sudut geser dan kohesi dari tanah melalui pengujian triaksial; 3) mengetahui nilai tingkat resiko bendungan jragung; dan 4) mengetahui nilai faktor keamanan dari bendungan dengan kondisi muka air normal.

2. METODOLOGI

Penelitian berada di proyek Bendungan Jragung Paket 1 PT. Waskita Karya. yang terletak di Desa Candirejo, Kecamatan Pringapus, Kabupaten Semarang. Pengujian tanah hanya dilakukan pada material zona 1 (inti). Pengambilan sampel tanah material zona inti berasal dari borrow area Candirejo yang berjarak $\pm 3,5$ km dari lokasi proyek bendungan. Sampel yang telah diambil kemudian dilakukan pengujian pada laboratorium meliputi pengujian fisis yang terdiri atas dari pengujian kadar air, berat jenis, batas *atterberg*, analisa saringan, dan mekanis yang terdiri dari uji pemadatan dan uji triaksial CU (*Consolidated Undrained*). Data yang telah didapatkan dari pengujian selanjutnya dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan hasil pengujian.

Pada analisa stabilitas tubuh bendungan dikerjakan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *Geostudio Slope/W 2022*. Pada pemodelan *Sloop/W* menggunakan metode Bishop. Pada penggunaan perangkat lunak dibutuhkan data material berupa berat isi (γ), kohesi (c), dan sudut geser (ϕ). Selanjutnya dilakukan analisa dengan kondisi tinggi muka air normal dengan beban gempa. Nantinya dari hasil analisa akan didapatkan nilai dari faktor keamanan tubuh bendungan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Material yang digunakan dalam penelitian merupakan material timbunan zona inti Bendungan Jragung. Material berasal dari desa Candirejo dan memiliki warna coklat. Setelah dilakukan pengujian serta analisis data didapatkan hasil uji sifat fisis dan mekanis tanah yang tertera pada Tabel 1.

Tabel 1.
Hasil pengujian sifat fisis dan mekanis tanah

	Hasil Pengujian		Nilai
Propertis	Kadar Air	%	40,29
	Berat Jenis		2,62
Konsistensi	Batas Cair (LL)	%	67,80
	Batas Plastis (PL)	%	42,42
	Plastis Index (PI)	%	25,38
	Kelompok Inc (GI)		25
	Klasifikasi AASHTO		A-7-5
	Klasifikasi USCS		MH-OH
Analisa Saringan	Kerikil	%	0,12
	Pasir	%	19,3
	Lanau	%	45,67
	Lempung	%	34,91
	D60	mm	0,023
	D10	mm	-
	Lolos no. 200	%	80,58
Pemadatan	Opt. moisture content	%	32,60
	Max. dry density	gr/cm ³	1,286
Triaksial CU	Kohesi C	kg/cm ²	0,287
	Sudut geser $d:\phi$		16,°813

(Sumber : Analisa Sendiri Data PT. Waskita Karya)

3.1. Hasil Pengujian Fisis Tanah

Sifat fisis tanah merupakan karakteristik fisik yang dimiliki tanah. Pengujian sifat fisis terdiri dari pengujian material tanah timbunan zona inti bendungan sebagai berikut. Dari hasil pengujian yang dilakukan guna mencari kadar air tanah alami dari sampel telah dilakukan pengujian laboratorium didapatkan hasil analisa yang tertera pada Tabel 2.

Tabel 2.
Pengujian kadar air

NOMOR CONTOH DAN KEDALAMAN				
A	NO CAWAN		1	2
B	BERAT CAWAN	(gr)	8,90	8,80
C	BERAT CAWAN + TANAH BASAH	(gr)	31,20	31,22
D	BERAT CAWAN + TANAH KERING	(gr)	24,40	25,20
E	AIR $E = C - D$	(gr)	6,80	6,02
F	BERAT CONTOH KERING $F = D - B$	(gr)	15,50	16,40
G	KADAR AIR (W) = $E/F \times 100\%$	(%)	43,87	36,71
H	RATA-RATA (Wo)	(%)	40,29	

(Sumber : Analisa Sendiri Data PT. Waskita Karya)

Berdasarkan tabel 2 didapatkan bahwa nilai rata-rata dari kadar air tanah alami sebesar 40,29%. Untuk hasil uji berat jenis tanah dari uji laboratorium didapatkan hasil analisa yang tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3.
Pengujian berat jenis tanah

No Lokasi	CANDIREJO		
No. contoh	TP 1		
No. piknometer		1	2
Isi piknometer	(ml)	100	100
Suhu	T (°C)	27,0	
Berat Tanah Kering + Piknometer	W_1 (gr)	55,960	56,130
1 Berat Piknometer	W_2 (gr)	40,80	41,00
2 Berat Tanah Kering	$W_s = W_1 - W_2$ (gr)	15,16	15,13
3 Berat piknometer + Air	W_3 (gr)	141,10	141,30
4 $W_s + W_3$	W_4 (gr)	156,26	156,43
5 $W_s + W_3$ setelah direbus/divakum	W_5 (gr)	150,49	150,68
6 $W_s + W_3 - W_5$	(gr)	5,77	5,76
7 Berat Jenis Air pada T	G_T	1,00	
8 Berat Jenis tanah	G_s	2,62	2,62
9 Berat Jenis Rata-rata	G_{save}	2,62	

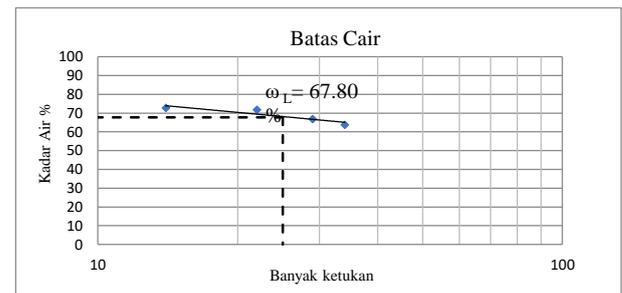
(Sumber : Analisa Sendiri Data PT. Waskita Karya)

Dari tabel 3 diketahui hasil berat jenis rata-rata tanah didapatkan nilai sebesar 2,62. Selanjutnya dilakukan pengujian batas atterberg dikerjakan guna mengetahui klasifikasi suatu tanah. Pengujian batas atterberg terdiri atas uji LL dan uji PL. Dari perolehan nilai LL dan PL dapat diunakan untuk mencari nilai plastis indeks (PI) dari hasil pengurangan LL dan PL. Dari tanah sampel yang telah dilakukan pengujian laboratorium didapatkan hasil analisa yang tertera dalam Tabel 4.

Tabel 4
Pengujian batas Atterberg

Banyak Ketukan	LL				PL	
	34	29	22	14	-	-
A No Cawan	1	2	3	4	1	2
B Berat Cawan	gr	8,8	8,7	8,70	8,70	8,90
C Berat Cawan + Contoh Basah	gr	35,5	39,4	39,6	28,40	9,79
D Berat Cawan + Contoh Kering	gr	25,1	27,1	26,7	20,10	9,56
E Berat Air = C - D	gr	10,40	12,3	12,9	8,30	0,23
F Berat Contoh Kering = D - B	gr	16,30	18,4	18	11,40	0,66
G Kadar Air = $(E/F) \times 100\%$	%	63,80	66,85	71,67	72,81	34,85
H Rata-rata	%					42,42

(Sumber : Analisa Sendiri Data PT. Waskita Karya)

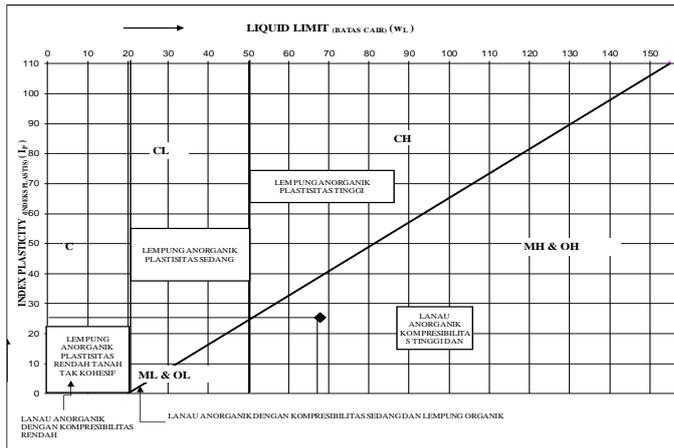


Gambar 16. Grafik hubungan kadar air dan jumlah ketukan

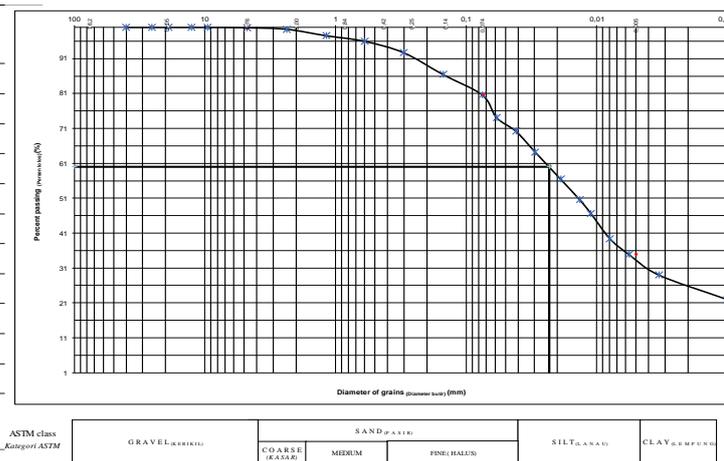
(Sumber : Analisa Sendiri Data PT. Waskita Karya)

Dari Gambar 1. Hubungan kadar air dan jumlah ketukan didapatkan nilai batas cair (LL) pada jumlah ketukan 25 sebesar 67,80% yang mana itu tergolong dalam plastis tinggi.. Sedangkan dari Tabel 4 juga dapat diketahui nilai dari batas plastis (PL) dari hasil pengujian laboratorium didapatkan nilai rata – rata sebesar 42,42%. Dari data tersebut akan didapatkan nilai plastis indeks (PI) dengan nilai PI sebesar 25,38%.

Untuk hasil uji analisa saringan dan hydrometer dari hasil uji laboratorium didapatkan persen lolos saringan no. 200 sebesar 80,68%, yang mana termasuk kedalam tanah butir halus. Serta didapatkan nilai dari D60 0.023mm. Dari hasil uji nilai batas cair (LL) sebesar 67,80% dan plastis indeks (PI) sebesar 25,38% dalam sistem klasifikais USCS tanah di klasifikasikan ke dalam jenis tanah MH dan OH. Ialah tanah lanau tak organik atau pasir halus diatoma, lanau elastis dan lempung organik dengan plastis sedang hingga tinggi. Sementara itu menurut sistem klasifikasi AASHTO tanah masuk dalam kelompok A-7-5 yang berarti tanah lempung.



Gambar 17. Analisa grafik sistem USCS
(Sumber : Analisa Sendiri Data PT. Waskita Karya)



Gambar 18. Grafik analisa saringan dan hydrometer
(Sumber : Analisa Sendiri Data PT. Waskita Karya)

3.2. Hasil Pengujian Mekanis Tanah

Pengujian sifat mekanis tanah adalah uji yang dilakukan untuk mengetahui sifat mekanis tanah seperti kekuatan, kekakuan, dan deformasi tanah. Dalam uji sifat mekanis tanah ini terdiri atas uji proctor dan uji triaksial.

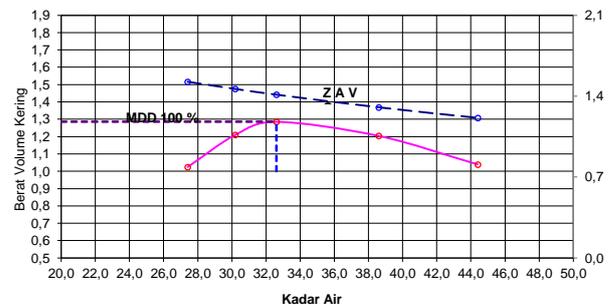
Uji proctor dilakukan guna mendapatkan hasil *MDD* dan *OMC* dari tanah. Dari pengujian itu nantinya dapat diketahui kepadatan maksimum dan kadar air yang terbaik dalam pemadatan. Pengujian dilakukan dengan memadatkan tanah dalam silinder *mould* dengan ukuran sesuai dengan SNI, tanah dipadatkan menggunakan penumbuk dengan berat 5.5 lb (2.5 kg). Untuk hasil pengujian proctor pada laboratorium didapatkan hasil analisa seperti yang tertera dalam Tabel 5.

Tabel 5. Pengujian standar proctor

TEST NUMBER		1	2	3	4	5
WEIGHT OF MOULD + BASE + WET SOIL	(gr)	5045	5300	5422	5388	5229
WEIGHT OF MOULD + BASE	(gr)	3819	3819	3819	3819	3819
WEIGHT OF WET SOIL	(gr)	1226	1481	1603	1569	1410
VOLUME OF WET SOIL	(cm ³)	940,216	940,216	940,216	940,216	940,216
BULK DENSITY	(t/m ³)	1,304	1,575	1,705	1,669	1,500
MOISTURE CONTENT	(%)	27,40	30,19	32,60	38,60	44,41
DRY DENSITY	(t/m ³)	1,024	1,210	1,286	1,204	1,038
WEIGHT OF DRY SOIL	(gr)	962	1138	1209	1132	976
VOLUME OF DRY SOIL	(cm ³)	367	434	462	432	373
VOLUME OF VOIDS	(cm ³)	573	506	479	508	567
VOID RATIO	(-)	1,559	1,165	1,037	1,175	1,522
POROSITY	(%)	60,921	53,805	50,908	54,029	60,350
Z.A.V.C	(t/m ³)	1,525	1,463	1,413	1,302	1,211

(Sumber : Analisa Sendiri Data PT. Waskita Karya)

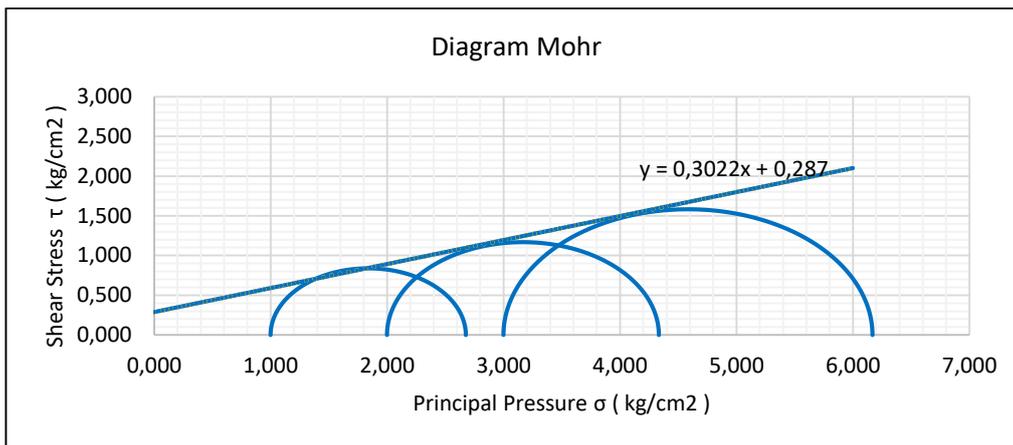
Dari hasil analisa tabel di atas dapat dibuat sebuah grafik hubungan kadar air dengan kepadatan kering seperti gambar di bawah.



Gambar 19. Grafik hubungan kadar air dengan kepadatan kering.
(Sumber : Analisa Sendiri Data PT. Waskita Karya)

Dari Gambar 4 dapat dilihat nilai dari *MDD 100%*. Dari puncak kurva dapat diketahui nilai *MDD* dan *OMC*. Dari percobaan diperoleh *MDD* γ_{dmax} sebesar 1,286 gr/m³ dan *OMC* sebesar 32,60%.

Pengujian triaksial merupakan pengujian mekanis tanah yang dilakukan guna mencari nilai kohesi (*c*) dan sudut geser tanah (ϕ). Pada percobaan triaksial tanah diberi tegangan deviator hingga tanah mengalami keruntuhan. Nilai dari kohesi (*c*) dan sudut geser tanah (ϕ) dicari menggunakan diagram Mohr. Untuk hasil pengujian triaksial *CU (Consolidated Undrained)* berdasarkan hasil uji laboratorium didapatkan nilai kohesi (*c*) sebesar 0.287 kg/cm² dan sudut geser dalam (ϕ) sebesar 16,813°. Grafik diagram Mohr dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20 . Grafik triaksial diagram Mohr

(Sumber : Analisa Sendiri Data PT. Waskita Karya)

3.3. Analisa Kelas Risiko Bendungan

Berikut adalah hasil penentuan faktor resiko yang disajikan dalam Tabel 6

**Tabel 6
Tingkat Resiko Bendungan Jragung**

No	Yang Mempengaruhi Kerusakan	Dimensi	Bobot
1	Kapasitas Tampungan ($10^6 m^3$) (FRk)	90	4
2	Tinggi (FRt)	59,5	6
3	Kebutuhan Evakuasi (Jumlah Orang) (Fre)	>1000	12
4	Faktor Tingkat Kerusakan (FRh) Total (Frtotal)	Sangat Tinggi	12 34

(Sumber : Analisa Sendiri)

Berdasarkan hasil analisa tingkat resiko, Bendungan Jragung termasuk dalam kelas resiko IV (Ekstrem). Dalam menentukan beban gempa (Pd T-14-2004-A) terdapat dua peninjauan, menggunakan gempa dasar operasi (OBE) dan gempa desain gempa maksimum (MDE). OBE diartikan sebagai gempa bumi yang memiliki intensitas guncangan tertentu pada permukaan yang dilakukan penelitian dan memiliki 50% kemungkinan untuk terjadi lagi pada 100 tahun kedepan. Sedangkan MDE adalah gempa yang memberi guncangan paling besar yang terjadi pada daerah penelitian yang akan dimanfaatkan untuk melakukan perancangan atau menganalisis. Pada desain gempa OBE digunakan periode ulang 100 tahun dan pada desain gempa MDE digunakan periode ulang 1000 tahun.

3.4. Perhitungan Koefisien Gempa

Nilai dari koefisien gempa didapatkan dari nilai percepatan gempa puncak (PGAm).

$$PGAm = Fpga \times Spga \tag{1}$$

$$Kh = \frac{PGAm}{g} \tag{2}$$

$$Ko = Kh \times a \tag{3}$$

dengan :

PGAm : percepatan puncak di permukaan tanah

FPGA : Faktor amplikasi untuk PGA

SPGA : Percepatan tanah di permukaan

g : koefisien gravitasi (0,981 cm/dtk²),

Ko : Koefisien gempa desain terkoreksi di permukaan tanahnya.

Kh : koefisien gempa terkoreksi untuk analisis stabilitas,

a : koreksi pengaruh jenis struktur, untuk tipe bendungan 0,5.

Dalam analisis kemandapan lereng, koefisien gempa pada kedalaman y (y = kedalaman dari puncak bendungan) biasanya dilakukan pada y = 0,25H, 0,50H, 0,75H dan 1,00H (dimana H adalah ketinggian bendungan), menggunakan ko pada periode ulang sesuai kebutuhan. Sesuai pada pedoman Analisis Stabilitas Bendungan Tipe Urugan Akibat Gempa Pd. (T-14-2004). Perhitungngan koefisien gempa dengan Y berbeda-beda dilakukan perhitungan dengan memakai persamaan :

untuk $0 < y/h \leq 0.4$

$$k = ko \times \{ 2.5 - 1.85 \times y/h \}$$

Untuk $0.4 < y/h \leq 1.0$

$$k = ko \times \{ 2.0 - 0.60 \times y/h \}$$

Hasil perhtungan koefisien gempa bendungn Jragung disajikan pada tabel 7 berikut.

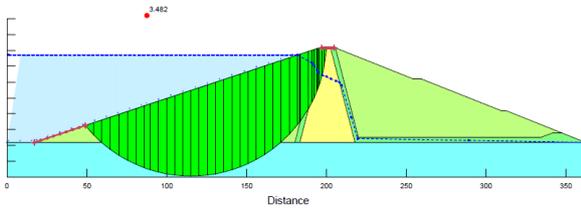
Tabel 7
Koefisien Gempa

Periode Ulang T(Tahun)	FPGA	SPGA	PGAm	Kh	Ko	K pada y/h			
					0,25	0,5	0,75	1	
100 (OBE)	1	0,100	0,100	0,102	0,050	0,102	0,085	0,078	0,070
1000(MDE)	1	0,500	0,500	0,510	0,250	0,509	0,425	0,388	0,350

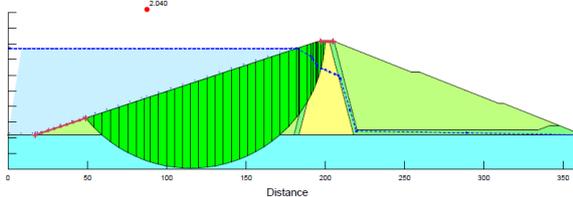
(Sumber : Analisa Sendiri)

3.5. Analisa Sabilitas Tumbuh Bendungan

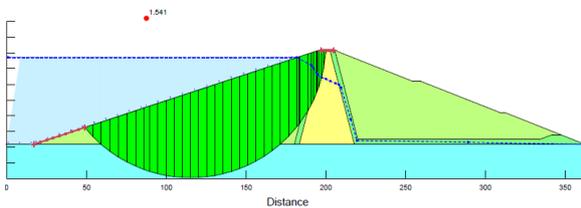
Analisa stabilitas tubuh bendungan menggunakan perangkat lunak *Geostudio Slope/W 2022*. Pada *Slope/W* menggunakan sistem analisa Bishop. Pada perangkat lunak diperlukan input material tanah, beban gempa, slipe surface dan garis freatik. Pada pengujian analisis stabilitas tubuh bendungan menggunakan keadaan muka air normal. Berikut ini merupakan gambar hasil pemodelan pada perangkat lunak *Slope/W* dan nilai Faktor keamanan (SF) yang dihasilkan:



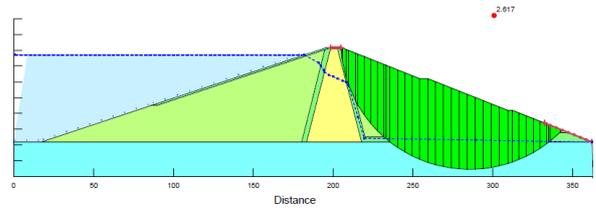
Gambar 20. Analisa stabilitas hulu bendung tanpa gempa (FK =3,482)
(Sumber : Analisa Sendiri)



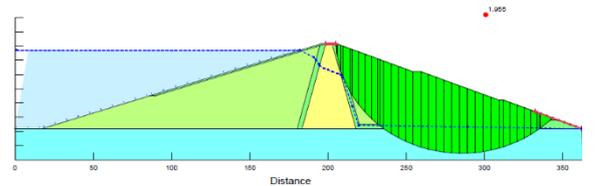
Gambar 21. Analisa stabilitas hulu bendung dengan gempa OBE y/h = 1 (FK =2,040)
(Sumber : Analisa Sendiri)



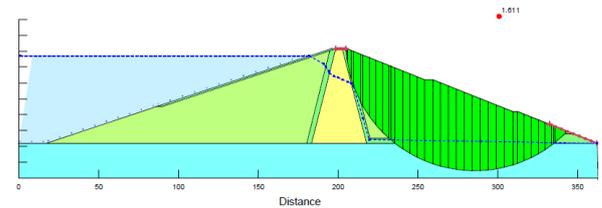
Gambar 22. Analisa stabilitas hulu bendung dengan gempa MDE y/h = 1 (FK =1,541)
(Sumber : Analisa Sendiri)



Gambar 23. Analisa stabilitas hilir bendung tanpa gempa (FK =2,617)
(Sumber : Analisa Sendiri)



Gambar 24. Analisa stabilitas hilir bendung dengan gempa OBE y/h = 1 (FK =1,955)
(Sumber : Analisa Sendiri)



Gambar 25. Analisa stabilitas hilir bendung dengan gempa MDE y/h = 1 (FK =1,611)
(Sumber : Analisa Sendiri)

Hasil dari analisis yang tersaji pada gambar 6 sampai gambar 11 dibandingkan dengan nilai faktor keamanan minimum yang didasarkan pada SNI 8064:2016 .Hasil analisis stabilitas tubuh Bendungan Jragung disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 8.
Hasil analisis stabilitas tubuh Bendungan Jragung

Kondisi	y/h	Hulu	Hilir	FS Minimum	Keterangan
Tanpa Gempa	-	3,482	2,617	1,5	Memenuhi
	0,25	2,599	2,235	1,2	Memenuhi
	0,5	2,396	2,144	1,2	Memenuhi
Muka Air	0,75	2,204	2,045	1,2	Memenuhi
	1	2,04	1,955	1,2	Memenuhi
Normal	0,25	1,18	1,617	1	Memenuhi
	0,5	1,641	1,700	1	Memenuhi
	0,75	1,589	1,640	1	Memenuhi
	1	1,541	1,611	1	Memenuhi

(Sumber : Analisa Sendiri)

Dari tabel 8 didapat bahwa nilai faktor keamanan bendungan dengan keadaan muka air normal baik menggunakan beban gempa maupun

tanpa gempa memenuhi syarat faktor keamanan yang ada.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian Analisis Karakteristik Material Timbunan dan Stabilitas Tubuh Bendungan pada Bendungan Jragung dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Material tanah timbunan zona inti Bendungan Jragung berdasarkan klasifikasi USCS didefinisikan sebagai tanah yang memiliki butir halus dengan kelompok MH dan OH yaitu tanah lanau tak organik atau pasir halus diatomea, lanau elastis dan lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi. Sementara itu menurut sistem klasifikasi AASHTO tanah termasuk kedalam kelompok A-7-5 yang berarti tanah berlempung.
2. Dari hasil pengujian pemadatan proctor di laboratorium diperoleh nilai kepadatan kering maksimum γ_{dmax} sebesar 1,286 gr/m³ dan kadar air optimum sebesar 32,60%. Dan dari hasil pengujian triaksial CU (*Consolidated Undrained*) didapatkan hasil berupa nilai kohesi (c) sebesar 0.287 kg/cm² dan sudut geser dalam (ϕ) sebesar 16,813°.
3. Bendungan Jragung masuk kedalam kategori bendungan beresiko eksterem dengan nilai tingkat resiko 34 poin.
4. Berdasarkan hasil analisis stabilitas bendung menggunakan perangkat lunak *Slope/W* didapatkan hasil faktor keamanan dalam keadaan muka air normal tanpa beban gempa pada bagian hulu = 3,482 dan pada bagian hilir = 2,617. Pada hasil tersebut bendungan dikatakan aman karena faktor keamanan lebih tinggi dari 1,5. Nilai faktor keamanan dalam keadaan muka air normal dengan beban gempa OBE hulu = 2,040 dan OBE hilir = 1,955. Pada hasil

tersebut bendungan dikatakan aman karena nilai faktor keamanan lebih tinggi dari 1,2. Dan untuk hasil faktor keamanan alam keadaan muka air normal dengan beban gempa MDE hulu = 1,541 dan MDE hilir = 1,611. Pada hasil tersebut bendungan dikatakan aman karena faktor keamanan lebih tinggi dari 1,2.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, B. M. 1995. *Mekanika Tanah jilid I (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik)*, Terjemahan oleh: Noor Endah Mochtar dan Indrasurya B. Mochtar, Erlangga, Jakarta.
- Das, B. M. 1995. *Mekanika Tanah Jilid II (Prinsip-prinsip rekayasa geoteknis)*. Penerbit Erlangga.
- Hardiyatmo, Hary Christady, (2002), *Mekanika Tanah I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Krisdianto, F. 2021. Analisis Stabilitas Pada Tubuh Bendungan Dengan Irisan Fellenius Dan Debit Rembesan Dengan Metode Casagrande Menggunakan Software Geostudio.
- Nasional, B. S. 2016. Metode Analisis Stabilitas Lereng Statik Bendungan Tipe Urugan. *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional*.
- Sinaga, A. A., Teknik, F., Teknik, J., Semarang, U. 2022. *Material Timbunan Bendungan Randugunting*.
- Wilayah, D. P. D. P. 2004. Analisis stabilitas bendungan tipe urugan akibat beban gempa. *Jakarta: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah*.