

MODELING ZONA TIMBUNAN MAINDAM DENGAN PROGRAM BANTU *GEOSTUDIO* STUDI KASUS BENDUNGAN JLANTAH KARANGANYAR JAWA TENGAH

Ananda Setiawan

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
ananda.18020@mhs.unesa.ac.id

Danayanti Azmi Dewi Nusantara

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
danayantinusantara@unesa.ac.id

Abstrak

Bendungan merupakan bangunan konstruksi yang dibangun bertujuan untuk menahan atau membendung lajunya air yang berperan penting untuk berbagai aspek. Bendungan dibangun memiliki dasar untuk menyelesaikan suatu permasalahan seperti kesulitan air, kebutuhan air baku, irigasi, dan masalah-masalah lainnya. Sama halnya dengan permasalahan dalam penelitian ini yaitu pada proyek pembangunan Bendungan Jlantah di Karanganyar Jawa Tengah yaitu kesulitan air, terutama air baku untuk irigasi dimusim kemarau dan pada saat terjadi kemarau panjang. Konsep Bendungan Jlantah ialah bendungan tipe zonal yang mana terdiri atas beberapa lapisan dalam timbunan yang meliputi zona inti, zona *random*, dan zona rip-rap. Akibat adanya permasalahan dalam timbunan Bendungan Jlantah yaitu keterbatasan pasokan material, maka perlu adanya analisis ulang dengan *modeling* zona timbunan, khususnya pada bagian hulu bendungan. *Modeling* zona timbunan didasarkan pada nilai *Factor of Safety (FoS)* saat kondisi awal dibandingkan pada kondisi *modeling*. Metode yang digunakan ialah metode *Limit Equilibrium* dan metode *Morgenstern-Price* dengan perhitungan manual dan program bantu *GeoStudio 2018 R2*. *Modeling* zona yang dibandingkan ialah material timbunan, yang mana pada perencanaan menggunakan timbunan material 3A dan 3B sedangkan pada *modeling* dirubah menjadi timbunan material 3B. *FoS* yang di analisis ialah perbandingan kondisi awal dengan kondisi *modeling* serta kondisi faktor gempa dengan kondisi faktor tanpa gempa. Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa data laboratorium yang diperoleh dari BBWS Bengawan Solo dan PT. Waskita Karya. Hasil penelitian ini menunjukkan beberapa nilai *FoS* yaitu nilai 1,337 “Stabil” pada kondisi zonal material *Random* 3A dan 3B dan pada kondisi tanpa faktor gempa, 1,201 “Stabil” pada zonal material *Random* 3B dan pada kondisi tanpa faktor gempa, 0,776 “Labil” pada kondisi zonal material *Random* 3A dan 3B pada kondisi dengan faktor gempa, dan 0,703 “Labil” pada kondisi zonal material *Random* 3B pada kondisi dengan faktor gempa. Hasil analisis yang didapatkan pada kondisi tanpa gempa sudah dinyatakan aman, tetapi pada kondisi dengan faktor gempa, didapatkan nilai *FoS* yang tidak aman. Hal tersebut perlu adanya analisis lebih lanjut dengan melakukan mengubah titik *Entry to exit Slip Surfaces* atau dengan melakukan mencari nilai *FoS* pada *Slip #* yang mendekati nilai aman.

Kata Kunci: Timbunan, Faktor Keamanan, Faktor Gempa, *GeoStudio*.

Abstract

Dam is a construction building that is built with the aim of restraining or stemming water flow which plays an important role in various aspects. The dam was built to solve some problems such as water shortages, raw water needs, irrigation, and others. It is similar to the problem in this research which is water shortages at Jlantah Dam construction project in Karanganyar, Central Java, especially raw water for irrigation in the dry season and during a long dry season. The concept of the Jlantah dam is a zonal type dam consists of several layers in the embankment that includes a core zone, a random zone, and a rip-rap zone. Due to problem in the embankment of the Jlantah Dam which is limited supply of material, it is necessary to re-analyze the embankment zone modeling, especially in the upstream part of the dam. The embankment zone modeling is based on the Factor of Safety (FoS) value when the initial conditions are compared to the modeling conditions. The method used is the Limit Equilibrium and the Morgenstern-Price with manual calculations and the GeoStudio 2018 R2 auxiliary program. The compared zone modeling is the embankment material, which in the planning uses 3A and 3B material piles, while in modeling it is changed to 3B material piles. The FoS analyzed is a comparison of the initial conditions with the modeling conditions and the condition of the earthquake factor with the condition of the factor without an earthquake.

This study uses a secondary data in the form of laboratory data taken from BBWS Bengawan Solo and PT. Waskita Karya. The results of this study show several FoS values which are the value of 1.337 "Stable" in the zonal conditions of Random 3A and 3B materials and in conditions without earthquake factors, 1.201 "Stable" in the Random 3B zonal materials and in conditions without earthquake factors, 0.776 "Label" in conditions of zonal material Random 3A and 3B in conditions with earthquake factors, and 0.703 "Label" in zonal conditions with Random 3B materials in conditions with earthquake factors. The analysis results obtained in the conditions without an earthquake have been declared safe, but in conditions with an earthquake factor, the FoS value is unsafe. This requires further analysis by changing the entry point to exit Slip Surfaces or by looking for the FoS value on the Slip # which is close to the safe value.

Keywords: Embankment, Factor of Safety, Earthquake Factor, GeoStudio.

PENDAHULUAN

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 (Purwoko et al., 2017)

Bendungan yang dibangun dengan menimbun material-material alam seperti batu, krakal, kerikil, pasir, dan tanah pada komposisi tertentu dengan fungsi pemampatan atau menaikkan permukaan elevasi air di dalam bendungan, bendungan tersebut adalah bendungan tipe urugan. (Dhongu, 2014)

Proyek pembangunan Bendungan Jlantah merupakan proyek yang telah di rencanakan oleh pemerintahan Kabupaten Karanganyar dalam waktu yang cukup lama, proyek ini merupakan awal strategi untuk mengatasi persoalan yang di alami untuk pemanfaatan air dan sebagai konservasi alam yang berkesinambungan, serta untuk pemanfaatan kebutuhan masyarakat sebagai peningkatan intensitas tanam irigasi eksisting (805 Ha), irigasi areal baru (688 Ha), air baku (150 l/dt), dan PLTM (625 kW) (Solo, 2021)

Bendungan Jlantah merupakan bendungan urugan dengan tipe bendungan zonal yang terdiri atas beberapa jenis material pembentuknya seperti Zona 1 (material inti kedap air (*Core*)), Zona 2 (material filter), Zona 3a (material urugan random halus), Zona 3b (material urugan random kasar), dan Zona 4 (material rip-rap) (Data Umum Tubuh Bendungan Jlantah) (Purwanto, 2011). Berhubung kondisi material yang ada dilapangan ternyata kurang memadai untuk menimbun bagian hulu bendungan yang sesuai dengan perencanaan, maka perlu adanya tinjauan khusus pada kajian material yang perlu di analisis. Lokasi yang perlu ada tinjauan khusus ialah pada lokasi hulu bendungan, yang mana tinjauan khusus itu ialah mengubah material timbunan pada zona yang awal 3A menjadi zona 3B dengan memperhatikan perhitungan nilai *Factor of Safety (FoS)*/ *Safety Factor (SF)*/ Faktor

Kemanan (FK) dari perbandingan hasil perhitungan manual dengan hasil *output software GeoStudio 2018 R2*.

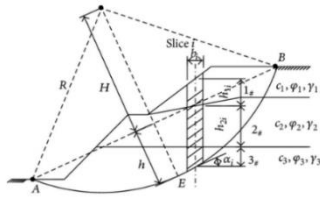
Ditinjau dari pembahasan sebelumnya, perlu diadakannya evaluasi pada *FoS* pada hulu bendungan Jlantah dalam banyak segi yang meliputi *FoS* pada kondisi hulu bendungan dengan material *Random 3A* dan *3B*, *FoS* pada kondisi faktor tanpa gempa, dan *FoS* pada kondisi faktor dengan gempa. (Elviani, 2020) Analisis pada evaluasi ini bertujuan mampu menganalisis kondisi hasil kondisi modeling yang mengalami perubahan pada lapisan timbunan dari *3A* ke *3B* dengan kondisi modeling perencanaan dan dapat mengetahui kondisi dengan gempa dan tanpa gempa.

METODE

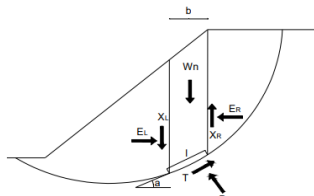
Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif deskriptif yang mencakup data-data berupa angka dan penelitian ini bersifat subjektif dengan melakukan interaksi langsung terhadap objek yang diteliti (Sugiyono, 2014). Metode kuantitatif dengan tujuan menganalisis objek secara matematis melalui analisis statistik dalam pengujiannya.

Tahapan-tahapan penelitian adalah sebagai berikut :

- Melakukan studi literatur dengan melakukan survey lapangan untuk mendapatkan permasalahan dalam penelitian ini dan mendapatkan data guna menganalisis variabel yang mempengaruhi.
- Pengambilan data yang dibutuhkan dalam analisis penelitian berupa data laboratorium material timbunan, spesifikasi bendungan, data topografi, dan data respon spectra gempa.
- Pengolahan data dengan menganalisis menggunakan metode *Limit Equilibrium* dan metode *Morgenstern-Price* menggunakan program bantu *GeoStudio 2018 R2* dengan acuan perhitungan manual untuk mengkoreksi kesesuaian hasil *software* yang didapatkan hasil berupa *Factor of Safety (FoS)*. (Lin et al., 2014)



Gambar. 1. Theoretical model for deducing the safety factor of slope. (Morgenterns-Price Metode)
 Sumber : The Scientific World Journal, Slope Stability Analysis Using Limit Equilibrium Method in Nonlinear Criterion.



Gambar. 2. Gaya yang bekerja pada Bidang Irisan (Metode Morgenterns-Price)
 Sumber : Library.binus.ac.id

$$P = \frac{[W_n - (X_R - X_L) - \frac{1}{F} (c' l \sin \alpha - ul \tan \phi' \sin \alpha)]}{\cos \alpha (l + \tan \alpha \frac{\tan \phi'}{F})} \dots (1)$$

Dimana :

- P = Gaya normal
- c' = kohesi (jika analisis dalam kondisi *undrained* diambil Cu jika dalam kondisi *drained* diambil nilai kohesi efektif)
- Wn = gaya akibat beban tanah ke-n
- α = sudut antara titik tengah bidang irisan dengan titik pusat busur bidang longsor
- φ' = sudut geser tanah (kondisi *undrained* nilai sudut geser 0)
- u = tekanan air pori
- X_L, X_R = gaya gesek yang bekerja ditepi irisan.

Metode Morgenstern-Price dibagi menjadi dua prinsip untuk menentukan faktor keamanan (*Fos/SF/FK*) yaitu (*Fm*) kesetimbangan moment dan (*Ff*) kesetimbangan gaya. (Hedianto et al., 2022) (Pertiwi S B, 2021)

Persamaan kesetimbangan moment :

$$F_m = \frac{\sum [c' l + (P - ul) \tan \phi']}{\sum W \sin \alpha} \dots (2)$$

Persamaan kesetimbangan gaya :

$$F_f = \frac{\sum [c' l + (P - ul) \tan \phi'] \cos \alpha}{\sum W \sin \alpha} \dots (3)$$

Gaya geser disekitar irisan (X_L dan X_R) diasumsikan dengan nilai nol.

d. *Modeling* hulu bendungan pada material *Random 3A* dan *Random 3B* dengan material *Random 3B* total dengan menganalisis hasil *FoS* dengan program bantu *GeoStudio 2018 R2*.

Faktor keamanan diartikan perbandingan antara kekuatan geser dengan tahanan geser pada keseimbangan.

Berdasarkan teori jika nilai *FoS* atau *SF* > 1,2 menunjukkan stabilitas, sebaliknya jika nilai *Fos* atau *SF* < 1,2 menunjukkan ketidakstabilan. (Turangan & Monintja, 2014) (Purwanto, 2011)

Tabel. 1. Tingkat nilai *FoS* atau *FS*

Fos atau SF	Keterangan
> 1,2	Stabil
= 1,2	Kritis
< 1,2	Labil

Sumber : Sosrodarsono, 2002

Untuk mengkoreksi *Output Running GeoStudio* yaitu nilai *FoS*, dianalisis dengan perhitungan manual.

e. *Modeling* hulu bendungan dengan faktor gempa dan faktor tanpa gempa pada material *Random 3A* dan *Random 3B* dengan material *Random 3B* total dengan menganalisis hasil *FoS*.

$$F_h = \frac{a_h w}{g} = k_h w \dots (4)$$

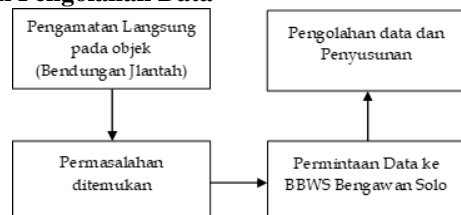
$$F_v = \frac{a_v w}{g} = k_v w \dots (5)$$

Dimana :

- a_h dan a_v = Percepatan horizontal dan vertikal
- g = Percepatan gravitasi konstan (9,8 m/s²)
- w = beban irisan

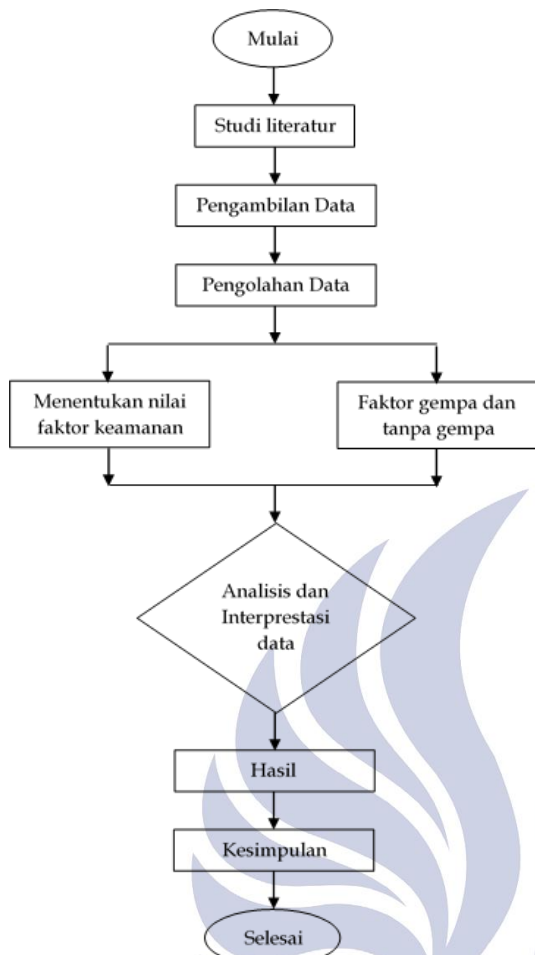
f. Menarik kesimpulan dalam penelitian dan memberikan saran terhadap hasil dari penelitian yang diteliti dengan membandingkan *FoS* pada material *Random 3A* dan *Random 3B* dengan material *Random 3B* total.

Teknik Pengolahan Data



Gambar. 3. Diagram alir pelaksanaan penelitian pada objek

Sumber : Hasil Analisis

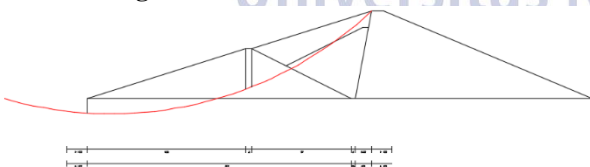


Gambar. 4. Diagram alir penelitian
 Sumber : Hasil Analisis

HASIL DAN PEMBAHASAN

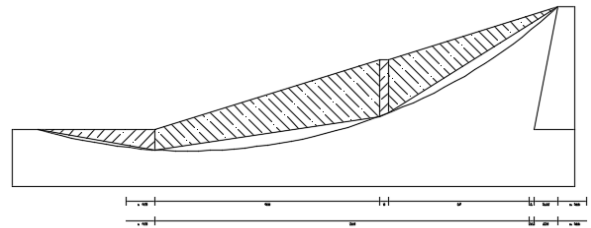
Pembahasan dalam penelitian ini dapat dibagi menjadi 2 analisis perhitungan manual dan hasil *output GeoStudio 2018 R12*.

1 Metode perhitungan *Morgenterns-Price* pada kondisi hulu bendungan dengan timbunan variasi (3A dan 3B). Analisis Timbunan Hulu Bendungan *Random 3B total*.



Gambar. 5. Asumsi Potongan Gaya Longsor pada Lereng timbunan 3A dan 3B Hulu Bendungan Jlantah.

Sumber : Hasil Analisis



Gambar. 6. Asumsi 4 Irisan Potongan Gaya Longsor pada Lereng.

Sumber : Hasil Analisis

Gambar 5. menunjukkan asumsi pada hulu bendungan dibagi menjadi 4 irisan untuk mempermudah dalam perhitungan potongan gaya longsor pada lereng.

- Nilai A_n
 Terjadi menjadi 4 irisan

- $A_{n1} = 409,5 \text{ m}^2$
- $A_{n2} = 3157 \text{ m}^2$
- $A_{n3} = 155 \text{ m}^2$
- $A_{n4} = 1756 \text{ m}^2$

- Nilai W_n

- Nilai $\gamma = 18$
- $W_{n1} = 7371$
 - $W_{n2} = 56826$
 - $W_{n3} = 2790$
 - $W_{n4} = 31608$

- XR dan $XL = 0$

- $F = 1,2$ (FoS)

- *Cohesion*

Large Scale Direct Shear Test Random Cohesion (c') = $0,392 \text{ kg/cm}^2$
 = $38,44 \text{ Kpa}$

- I

Nilai asumsi lengkung

- $I_1 = 91,4 \text{ m}$
- $I_2 = 154,2 \text{ m}$
- $I_3 = 5,4 \text{ m}$
- $I_4 = 139,2 \text{ m}$

- a

Nilai sudut pada perpotongan tiap irisan pada asumsi lengkung.

- $a_1 = 10^\circ$
- $a_2 = 9^\circ$
- $a_3 = 22^\circ$
- $a_4 = 32^\circ$

- ϕ'

Sudut pada bendungan = 17°

- u (tekanan air pori) = 1

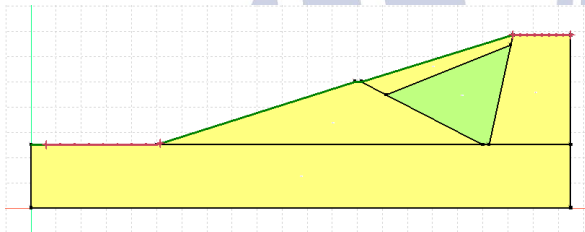
- P = Gaya Normal

- $P_1 = 76,25$

- b $P_1 = 367,99$
- c $P_1 = 534,22$
- d $P_1 = 247,61$
- F_M (Keseimbangan Momen)
 - a $F_{m1} = 2,92$
 - b $F_{m2} = 0,85$
 - c $F_{m3} = 0,53$
 - d $F_{m4} = 0,50$
 - $= 1,20$ OK
- F_F (Keseimbangan Gaya)
 - a $F_{f1} = 2,92$
 - b $F_{f2} = 0,85$
 - c $F_{f3} = 0,52$
 - d $F_{f4} = 0,50$
 - $= 1,20$ OK

2 Output GeoStudio 2018 R12

a Output dalam kondisi timbunan Random 3A dan 3B

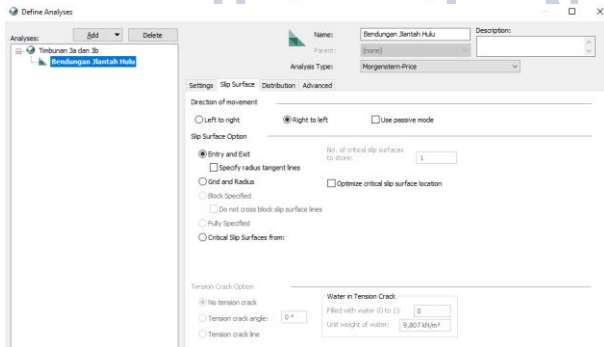


Gambar. 7. Skema Hulu Bendungan GeoStudio 2018 R2 Timbunan 3A dan 3B

Sumber : Hasil Analisis GeoStudio 2018 R2

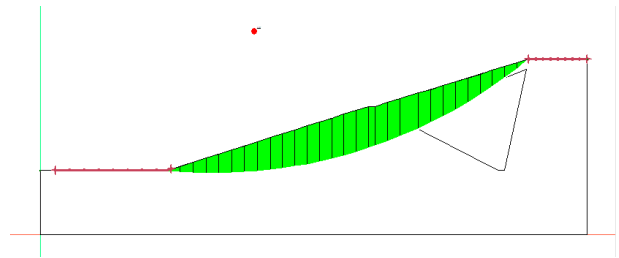
Keterangan :

- Warna coklat = Tim. Random 3B
- Warna hijau mudah = Tim. Random 3A
- Volume Timbunan = $57,702 \text{ Kn/m}^3$
- Volume Timbunan 3A = $20,33 \text{ Kn/m}^3$
- Volume Timbunan 3B = $33,372 \text{ Kn/m}^3$
- Skala 1 : 25.000



Gambar 7. Define Analysis GeoStudio 2018 R2
Sumber : Hasil Analisis GeoStudio 2018 R2

Define Analysis menggunakan Type Analysis Morgenstern-Price, Slip Surface Right to Left dan Entry and Exit.



Gambar. 8. Output Running Analysis GeoStudio 2018 R2

Sumber : Hasil Analisis GeoStudio 2018 R2

Warna hijau merupakan hasil titik gaya longsor yang terbagi menjadi beberapa irisan. Dengan titik Factor of Safety sebesar $1,337 > 1,2$ Stabil.

Slip #	F of S	X Center (m)	Y Center (m)	Radius (m)	Details
317	1,337	136,27	434,81	387,38	Critical (analysis)
362	1,338	142,11	425,08	376,17	
272	1,343	131,75	444	397,34	
322	1,344	139,75	439,44	392,39	
367	1,346	145,63	429,7	381,14	
277	1,349	135,19	448,65	402,4	
227	1,352	127,14	453,22	407,39	
327	1,355	143,21	444,09	397,43	
232	1,357	130,54	457,88	412,5	
372	1,358	149,12	434,33	386,15	
282	1,360	138,6	453,3	407,49	
182	1,365	122,45	462,46	417,53	
332	1,367	146,64	448,74	402,5	
237	1,367	133,91	462,54	417,62	
187	1,369	125,8	467,13	422,67	
287	1,370	141,99	457,96	412,59	
377	1,371	152,59	438,97	391,18	
242	1,377	137,26	467,22	422,77	
337	1,378	150,06	453,39	407,58	
192	1,378	129,14	471,81	427,83	
292	1,381	145,36	462,63	417,72	
137	1,382	117,69	471,72	427,74	
382	1,382	156,03	443,62	396,23	
142	1,385	171,01	476,4	432,92	

Gambar. 9. Slip Surfaces Running Star GeoStudio 2018 R2

Sumber : Hasil Analisis GeoStudio 2018 R2

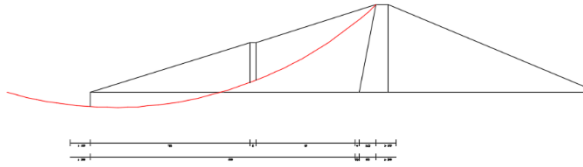
Output hasil Running analisis hulu bendungan dalam kondisi timbunan Random 3A dan 3B menghasilkan nilai FoS sebesar $1,337 \approx 1,3$. $1,3 > 1,2$ berarti 'OK'. Dari hasil Slip Surfaces kondisi ini dapat dibuat acuan dalam mendapatkan hasil running kondisi timbunan hulu bendungan total timbunan Random 3B total.

Keterangan :

- Slip # = 317
- F of S = 1,337
- Auto Select Critical = Critical Analysis

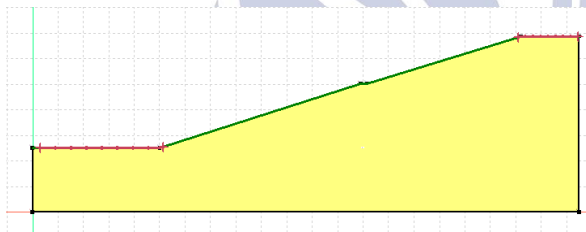
b Output kondisi Timbunan Random 3B

Pergantian material timbunan pada bagian zona 3A yang di ganti dengan 3B. Maka dari itu, keseluruhan dari timbunan hulu bendungan akan menjadi 3B



Gambar. 10. Asumsi Potongan Gaya Longsor pada Lereng timbunan 3B Total Hulu Bendungan Jlantah.

Sumber : Hasil Analisis Autocad 2016

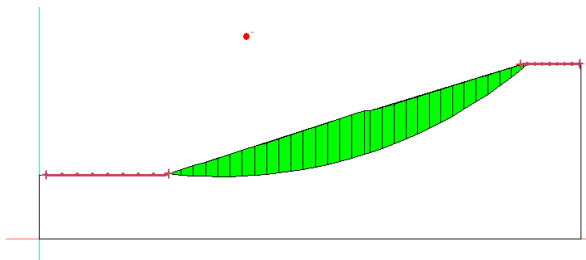


Gambar. 11. Skema Hulu Bendungan GeoStudio 2018 R2 Timbunan 3B Total.

Sumber : Hasil Analisis GeoStudio 2018 R2

Keterangan :

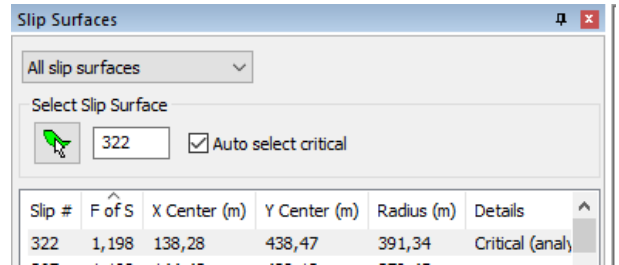
- Warna coklat = Timbunan Random 3B
- Volume Timbunan = 57,702 Kn/m³
- Skala 1 : 25.000



Gambar. 12. Output Running Analysis GeoStudio 2018 R2

Sumber : Hasil Analisis GeoStudio 2018 R2

Warna hijau merupakan hasil titik gaya longsor yang terbagi menjadi beberapa irisan. Dengan titik Factor of Safety sebesar 1,198 > 1,2 Kritis.



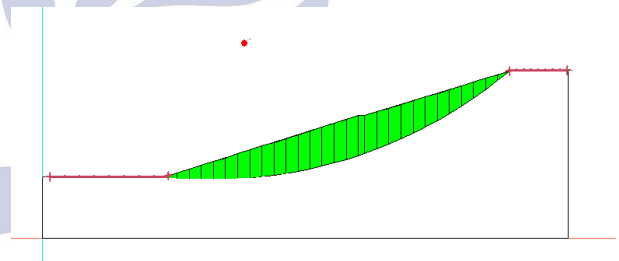
Gambar. 13. Slip Surfaces Running Start GeoStudio 2018 R2 Auto Select Critical.

Sumber : Hasil Analisis GeoStudio 2018 R2

Output hasil Running analisis hulu bendungan dalam kondisi timbunan Random 3B Total menghasilkan nilai FoS sebesar 1,198 ≈ 1,2. 1,2 > 1,2 berarti bisa dikatakan “OK” atau “NOT OK”. Dikarekan menjadi 1,2 merupakan pembulatan, untuk menjaga keamanan FoS dan mengikuti aturan sebelumnya yaitu menggunakan Select Slip Sufaces 317.

Keterangan :

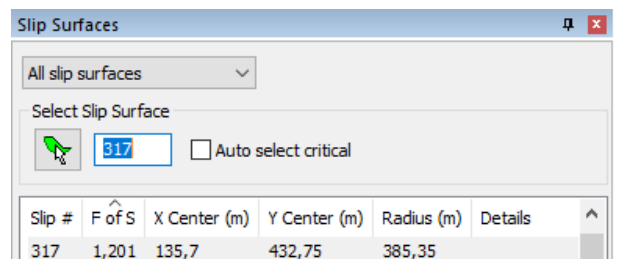
- Slip # = 322
- F of S = 1,198
- Auto Select Critical = Critical Analysis



Gambar. 14. Output Running Start GeoStudio 2018 R2 hasil Select Slip Surfaces 317

Sumber : Hasil Analisis GeoStudio 2018 R2

Warna hijau merupakan hasil titik gaya longsor yang terbagi menjadi beberapa irisan. Dengan titik Factor of Safety sebesar 1,201 > 1,2 Stabil.



Gambar. 15. Slip Surfaces Running Start GeoStudio 2018 R2 Select Slip Surfaces 317.

Sumber : Hasil Analisis GeoStudio 2018 R2

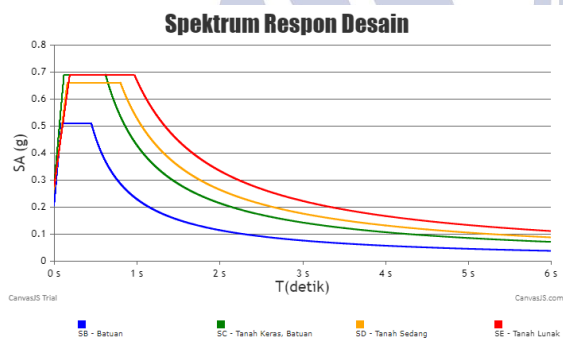
Output hasil *Running analysis* hulu bendungan dalam kondisi timbunan *Random* 3B total menghasilkan nilai *FoS* sebesar $1,201 \approx 1,2$. $1,2 > 1,2$ berarti ‘OK’. Maka dari itu nilai *FoS* yang digunakan yaitu *Select Slip Surface* 317 bukan *Auto Select Critical*.

Keterangan :

- *Slip #* = 317
- *F of S* = 1,201
- *Critical Analysis Select Slip Surfaces* = 317

3 Faktor gempa dalam stabilitas faktor keamanan bendungan.

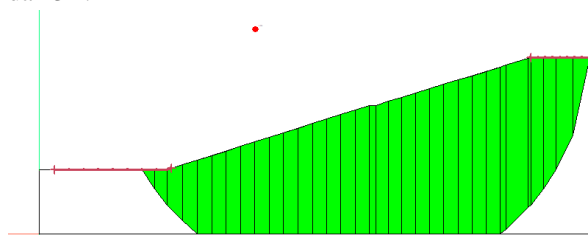
Material *random* 3A dan 3B dengan 2 analisis seperti sebelumnya yang sudah di jelaskan yaitu melakukan analisis pada timbunan zonal 3A dan 3B dan melakukan analisis pada timbunan *random* 3B total. Koefisien gempa dapat dicek pada Desain Spektra Indonesia. (Asrurifak, 2016)



Gambar. 16. Grafik Respon Spektra pada Kabupaten Karanganyar (Lintang -7,6669 dan Bujur 109,550)
Sumber : Ciptakarya

PGA MCEG (*Maximum Considered Earthquake Geometric mean*) sebesar 0,3862. Pada perhitungan software *GeoStudio* perlu adanya nilai PGA MCEG dibagi 2, maka 0,193.

a *Running Output GeoStudio* 2018 R2 pada analisis timbunan material *Random* hulu bendungan zona 3A dan 3B.



Gambar. 17. Output Running Analysis *GeoStudio* 2018 R2 Timbunan Material *Random* hulu bendungan

zona 3A dan 3B dengan faktor gempa *Select Surfaces* 315

Sumber : Hasil Analisis *GeoStudio* 2018 R2

Warna hijau merupakan hasil titik gaya longsor yang terbagi menjadi beberapa irisan. Dengan titik *Factor of Safety* sebesar $1,201 > 1,2$ Stabil.

Slip #	F of S	X Center (m)	Y Center (m)	Radius (m)	Details
135	1,200	220,52	147,44	209,74	
315	1,201	242,04	146,3	188,19	
220	1,204	228,28	146,73	196,21	

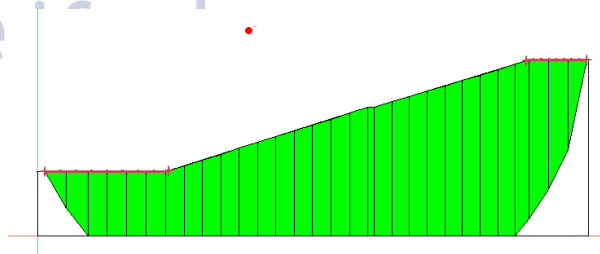
Gambar. 18. *Slip Surfaces Running Start GeoStudio* 2018 R2 *Auto Select Critical* Timbunan Material *Random* hulu bendungan zona 3A dan 3B dengan faktor gempa *Slip Surfaces* 315
Sumber : Hasil Analisis *GeoStudio* 2018 R2

Output hasil *Running analysis* hulu bendungan dalam kondisi timbunan *Random* 3A dan 3B dengan faktor gempa menghasilkan nilai *FoS* sebesar $1,201 \approx 1,2$. $1,2 > 1,2$ berarti ‘OK’. Hasil menunjukkan nilai *FoS* ‘Stabil’. Maka dari itu nilai *FoS* yang digunakan yaitu *Select Slip Surfaces* 315 bukan *Auto Select Critical*.

Keterangan :

- *Slip #* = 315
- *F of S* = 1,201
- *Critical Analysis Select Slip Surfaces* = 315

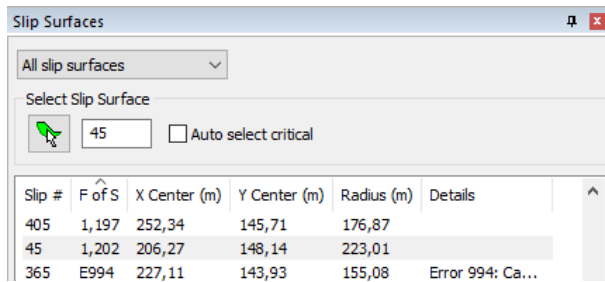
b *Running Output GeoStudio* 2018 R2 pada analisis timbunan material *Random* hulu bendungan zona 3B total.



Gambar. 19. Output Running Analysis *GeoStudio* 2018 R2 Timbunan Material *Random* hulu bendungan zona 3B total dengan faktor gempa *Select Surfaces* 45.

Sumber : Hasil Analisis *GeoStudio* 2018 R2

Warna hijau merupakan hasil titik gaya longsor yang terbagi menjadi beberapa irisan. Dengan titik *Factor of Safety* sebesar $1,202 > 1,2$ Stabil.



Gambar. 20. Slip Sufaces Running Start GeoStudio 2018 R2 Auto Select Critical Timbunan Material Random hulu bendungan zona 3B total dengan faktor gempa Slip Surfaces 45.

Sumber : Hasil Analisis GeoStudio 2018 R2

Output hasil Running analysis hulu bendungan dalam kondisi timbunan Random 3B total dengan faktor gempa menghasilkan nilai *FoS* sebesar $1,202 \approx 1,2$. $1,2 > 1,2$ berarti ‘OK’. Hasil menunjukkan nilai *FoS* “Stabil”. Maka dari itu nilai *FoS* yang digunakan yaitu *Select Slip Surfaces* 45 bukan *Auto Select Critical*.

Keterangan :

- Slip # = 45
- F of S = 1,202
- Critical Analysis Select Slip Surfaces = 45

Tabel. 2. Akumulasi *FoS* pada semua kondisi

Kondisi	Media	FoS	Ket
Random 3A dan 3B	GeoStudio	1,337	Stabil
Random 3B	GeoStudio	1,201	Stabil
Random 3B	Manual	1,203	Stabil
Random 3A dan 3B faktor tanpa gempa	GeoStudio	1,337	Stabil
Random 3B faktor tanpa gempa	GeoStudio	1,201	Stabil
Random 3A dan 3B faktor gempa	GeoStudio	0,776	Labil
Random 3B faktor gempa	GeoStudio	0,703	Labil

Sumber : Hasil Analisis GeoStudio 2018 R2 dan hasil analisis manual

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang sudah dilakukan pada bab sebelumnya dapat di simpulkan sebagai berikut :

- 1 *Factor of Safety (FoS) modeling* hulu bendungan pada material Random 3A dan 3B dengan material Random 3B total didapatkan nilai dari hasil perhitungan manual sebesar 1,203 “Stabil”, dan hasil Software GeoStudio sebesar 1,201. Perbandingan nilai *FoS* dari media analisis yang berbeda tersebut hanya selisih 0,002.
- 2 *Factor of Safety (FoS) modeling* hulu bendungan dalam kondisi faktor tanpa gempa pada material Random 3A dan 3B didapatkan nilai *FoS* 1,337 “Stabil” dan material Random 3B total didapatkan nilai *FoS* 1,201 “Stabil”.
- 3 *Factor of Safety (FoS) modeling* hulu bendungan dalam kondisi faktor dengan gempa pada material Random 3A dan 3B didapatkan nilai *FoS* 0,776 “Labil” dan material Random 3B total didapatkan nilai *FoS* 0,703 “Labil”.

Metode *Limit Equilibrium* merupakan metode untuk menemukan nilai *FoS* pada software GeoStudio 2018 R2 dengan Define Analysis type Morgenstern-Price, Slip Surface Right to Left dan Entry and Exit.

Saran

Hasil dari kesimpulan yang sudah dijelaskan, saran dapat diberikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1 Perbedaan nilai *FoS* hasil manual dan software berbeda 0,002, nilai tersebut sudah dikatakan aman pada kondisi tanpa faktor gempa.
- 2 Nilai *FoS* dari hasil running output GeoStudio 2018 R2 pada kondisi faktor gempa perlu pengembangan lagi dalam analisis dengan menggunakan QUAKE/W.
- 3 Hasil pada kondisi faktor gempa perlu adanya analisis ulang karena didapatkan nilai yang tidak aman atau “Labil”. Untuk mendapatkan nilai yang aman atau “Kritis/Stabil” terdapat 3 opsi. Opsi pertama mengubah titik *Entry and Exit Slip Surfaces*, opsi kedua mencari nilai *FoS* pada Slip # yang mendekati nilai aman, dan opsi yang ketiga dengan menganalisis ulang pada GeoStudio QUAKE/W. Pada penelitian ini untuk mendapatkan nilai aman pada hasil *FoS* dalam kondisi faktor gempa yaitu mengubah titik *Entry and Exit Slip Surfaces* dengan didapatkan nilai *FoS* pada material Random 3A dan 3B sebesar 1,201 “Stabil” dan material Random 3B total sebesar 1,202 “Stabil”.

DAFTAR PUSTAKA

- Asrurifak, M. (2016). Peta Gempa Indonesia (SNI 1726-2012) dan Spektrum Response Disain untuk Perencanaan Struktur Bangunan Tahan Gempa dalam Aspek Geoteknik. *Workshop Continuing Professional Development (CPD) Ahli Geoteknik*, 1–48.
- Dhongu, R. B. N. (2014). *Perencanaan Bendung Wai Woki dan Sistem Jaringan Irigasi Desa Pape Kecamatan Bajawa Kabupaten Ngada* [Institut Teknologi Nasional Malang]. <http://eprints.itn.ac.id/2237/>
- Elviani, D. (2020). *Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Software Geostudio Slope/W 2012 Studi Kasus Daerah Wisata Kabupaten Pesawaran Lampung*. 18.
- Hedianto, Ma'arief, A. A., & Mahyuni, E. T. (2022). Analisis Kestabilan Lereng Metode Morgenstern-Price Jalan Poros Malino-Sinjai Kabupaten Gowa. In *Jurnal Geomine*.
- Hidayah, S., & Gratia, Y. R. (2007). *PROGRAM ANALISIS STABILITAS LERENG* [UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG]. <http://eprints.undip.ac.id/33864/1/1818.pdf>
- Lin, H., Zhong, W., Xiong, W., & Tang, W. (2014). Slope stability analysis using limit equilibrium method in nonlinear criterion. *Scientific World Journal*, 2014. Vol. 2015, Artikel ID 419636, 1-2 <https://doi.org/10.1155/2014/206062>
- Purwanto, D. (2011). *Tinjauan perencanaan stabilitas bendungan gonggang di kabupaten magetan*. Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Purwoko, F. R., Sudarsono, B., & Amarrohman, F. J. (2017). *PEMANTAUAN DEFORMASI BENDUNGAN JATIBARANG MENGGUNAKAN SCIENTIFIC SOFTWARE GAMIT 10.6 DENGAN TITIK IKAT IGS DAN CORS CSEM TAHUN 2016*. 6, 37–45.
- Solo, K. P. D. J. B. B. W. B. (2021). *Result of Grain size Analisis. Gradasi QR1 Random Halus. Bendungan Jalntah, Karanganyar, Jawa Tengah*.
- Turangan, O. C. P. R., & Monintja, S. (2014). Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Bishop (Studi Kasus: Kawasan Citraland sta.1000m). Vol. 2 No.3 3-4 *Jurnal Sipil Statik*, 2(3), ISSN: 2337-6732.
- Pertiwi, S, B. (2021). *Analisis Kestabilan Lereng Tanah Menggunakan GeoStudio Slope/W*.