

Analisis Stabilitas *Saddle Dam*, *Best Practice*. Pembangunan Bendungan Jatibarang Semarang

Abdul Hakim^{1,*}

Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Ampel Surabaya¹

Koresponden*, Email: abdul.hakim@uinsby.ac.id

Info Artikel	<i>Abstract</i>
Diajukan : 03 April 2022	<p><i>The slope of right bank of Jatibarang reservoir has saddle with elevation just 10 m on top of reservoir water level (155 m), therefore, it was worried that the water flow to surrounding area. The Saddle is 200 m in length with top elevation is 162 m to 165 m and 150 in width. The solution of the problem is necessary Saddle Dam construction by using embankment material. Based on geology map in the location is that Saddle Dam laid on kerek formation with soil classification of loam and susceptible for sliding. The existing soil must be changed by good soil properties to guarantee the stability. This study descripts about Saddle Dam stability analysis by using finite element method. The result shows that factor of safety of Saddle Dam is 2.96, therefore Saddle Dam is stable and safe.</i></p>
Diperbaiki : 05 April- 10 Mei 2022	
Disetujui : 15 Mei 2022	
<p><i>Keywords: saddle dam, land slides, embankment, factor of safety</i></p>	

Abstrak

Lereng reservoir Jatibarang bagian kanan terdapat punggung dengan elevasi puncak 165 m atau hanya sekitar 10 m di atas muka air puncak (MWL) waduk elevasi 155 m, hal ini dikhawatirkan terjadi limpasan air waduk ke daerah sekitarnya. Panjang punggung tersebut sekitar 200 m dengan elevasi puncak alami 162 m sampai 165 m dan bentangnya 150 m. Upaya yang dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut perlu dibangun *Saddle Dam* yang terdiri dari *embankment* material. Berdasarkan peta geologi daerah punggung merupakan formasi kerek dengan jenis permukaan berupa tanah lempung kelanauan yang rentan terjadi kelongsoran. Agar stabilitas lereng terjaga maka tanah permukaan perlu diganti dengan tanah yang memiliki propertis lebih baik berupa tanah random. Studi ini menjelaskan tentang analisis stabilitas lereng *Saddle Dam* dengan menggunakan metode elemen hingga. Hasil analisis stabilitas lereng diperoleh nilai keamanan FOS 2,96 sehingga *Saddle Dam* dinyatakan stabil dan aman).

Kata kunci: *saddle dam*, tanah longsor, *embankment*, nilai keamanan

1. Pendahuluan

Lereng reservoir Jatibarang bagian kanan terdapat punggung dengan elevasi puncak 165 m atau hanya

sekitar 10 m di atas muka air puncak (MWL) waduk yaitu elevasi 155 m, hal ini dikhawatirkan terjadinya limpasan air waduk ke daerah sekitarnya.

Saddle Dam Waduk Jatibarang sebagaimana gambar 1 memiliki Punggungan yang memanjang sekitar 200 m dan berada pada elevasi di bawah elevasi puncak alami yang sempit yaitu elevasi 162 m sampai 165 m dengan panjang puncak 150 m.

Sebagaimana bendungan utama, konstruksi *Saddle Dam* didesain dengan tipe berzona yaitu: zona impervious, zona semi pervious dan zona pervious sebagaimana ditunjukkan gambar 1 berikut.



Gambar. 1 Lokasi *Saddle Dam* pada Waduk Jatibarang

Topografi Lereng *Saddle Dam* cukup landai namun berdasarkan survei geologi fondasi *Saddle Dam* tersebut terletak pada formasi kerek dengan jenis tanah berupa lempung kelanauan dengan potensi longsor tinggi (Santoso, 2013). Batuan lanau di lokasi merupakan batuan segar dan batuan lunak. Batuan segar dapat dijumpai pada lapisan tanah dengan kedalaman lebih dari 5 m dengan N20-30 atau jenis batuan dengan kepadatan relatif sedang, sedangkan batuan yang berada pada kedalaman kurang dari 5 m berupa batuan lunak.

Pada lapisan lunak seperti ditunjukkan gambar 2 berupa tanah lempung ekspansif yang mempunyai kuat

geser rendah dan mudah bergerak jika diberi beban di atasnya.

Untuk itu, tanah tersebut tidak layak dijadikan sebagai zona impervious sekaligus sebagai penyangga terhadap lapisan di atasnya yaitu lapisan filter dan rip-rap. Permukaan tanah asli perlu digali hingga mencapai lapisan tanah cukup keras, kemudian diganti dengan tanah yang memiliki daya dukung yang lebih baik. Selain itu agar kadar air tanah tidak meningkat ketika terjadi hujan dan mengurangi tekanan air pori maka dibuat saluran air berupa pipa yang ditanam secara melintang pada tubuh *Saddle Dam*.

Analisis stabilitas lereng dilakukan untuk menjamin bahwa bangunan aman terhadap longsor. Dari hasil analisis stabilitas lereng menggunakan program plaxis 8.6 diperoleh faktor keamanan FOS 2,96. Hasil ini menunjukkan bahwa kondisi lereng stabil dan aman.

2. Metode Penelitian

Studi ini dilakukan pada saat penulis menjadi pengawas lapangan pembangunan bendungan Jatibarang pada tahun 2011 dengan keterangan sebagai berikut:

2.1 Lokasi Kegiatan

Lokasi Kegiatan Pembangunan *Saddle Dam* berada di desa Talun Kacang Kelurahan Kandri Kecamatan Gunungpati Kota Semarang.

2.2 Kondisi Lapangan

Investigasi lapangan dilakukan dengan melakukan pengeboran di beberapa titik sekitar lokasi pembangunan. Selain itu, pengambilan sampel tanah dilakukan untuk uji propertis tanah di laboratorium. Kondisi lokasi pembangunan *Saddle Dam* dapat dilihat pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. Kondisi Lokasi Pembangunan *Saddle Dam*

Dari investigasi lapangan dan uji laboratorium diperoleh data parameter tanah untuk dianalisis menggunakan Software Plaxis 8.6.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kondisi Tanah Eksisting

Kondisi Tanah eksisting merupakan lapisan tanah pada formasi kerek yang berupa lempung ekspansif dan rawan longsor, seperti ditunjukkan pada gambar 2. Tanah keras dapat dijumpai pada kedalaman lebih dari 5 m (Santoso, 2013).

3.2 Uji Laboratorium

Dari hasil investigasi lapangan dan uji tanah di laboratoium diperoleh hasil fisik tanah seperti: gradasi tanah sebagaimana tabel 1, hasil uji kadar air diperoleh 60% dan *specific gravity* 2,505.

Tabel 1. Hasil Tes Gradasi Tanah

Analisis Saringan (mm)	Lolos Saringan (%)	Jenis Tanah
0,85	99,8	Fine sand
0,42	98,59	Fine sand
0,25	97,32	Fine sand
0,105	92,29	Fine sand
0,075	89,86	Fine sand

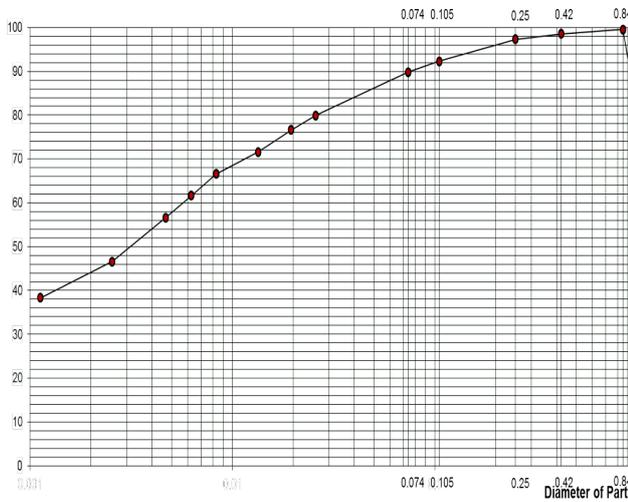
Sumber: (laboratorium, 2011)

Analisis Hidrometer (mm)	(%)	Type
0,026	79,9	Silt
0,019	76,6	Silt
0,013	71,6	Silt
0,008	66,6	Silt
0,006	61,6	Silt
0,004	56,6	Silt
0,002	46,6	Clay
0,001	38,3	Clay

Sumber: (laboratorium, 2011)

Pada tabel 1 di atas menjelaskan jenis klasifikasi tanah berdasarkan analisis saringan dan analisis hidrometer.

Berdasarkan sistem klasifikasi *United States Department Of Agriculture* (USDA) bahwa hasil analisis di atas termasuk jenis tanah lempung kelanauan. Hasil analisis saringan dan analisis pada tanah eksisting juga dijelaskan pada gambar 3.



Gambar 3. Hasil Tes Gradasi Tanah Eksisting
 Sumber: (laboratorium, 2011)



Gambar 4. Tanah Pengganti sebagai Tanah *Embankment Saddle Dam*

Dari hasil survei di lapangan dan uji di laboratorium menyatakan bahwa tanah eksisting tersebut tidak layak untuk dijadikan fondasi sekaligus sebagai zona *impervious*.

Sebagai pengganti tanah asli maka digunakan tanah yang memiliki daya dukung lebih baik dan deposit diupayakan berada di daerah sekitar rencana pembangunan *Saddle Dam* karena pertimbangan efisiensi seperti ditunjukkan pada gambar 4. Tanah tersebut berupa random yang memenuhi syarat sebagai lapisan kedap air atau zona *impervious*. Deposit ini berada di sebelah kanan tubuh *Saddle Dam* dengan volume cukup sebagai *embankment*. Berdasarkan uji tanah di Laboratorium Pembangunan Waduk Jatibarang diperoleh data-data propertis tanah seperti dijelaskan pada tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2. Hasil Tes Gradasi Tanah

Item	Sample A	Sampel B
Location of Sampling	Left Saddle Dam	Left Saddle Dam
Color	Reddish	Reddish
Natural Moisture Content		
Specific Gravity	2.69	2.7
Grain Size Distribution (%)	38.2mm	-
	25.4	97.87
	19.1	95.92
	9.52	92.80
	4.76	91.94
	2.0	90.07
	0.85	88.38
	0.42	86.17
	0.25	83.56
	0.105	75.44
0.074	72.59	

Liquid and Plastic Limit	Liquid Limit LL	50.22%	76.72%
	Plastic Limit PL	33.05%	35.77%
	Plastic Index PI	17.17	40.95

Sumber: (laboratorium, 2011)

Berdasarkan sistem klasifikasi *United States Corp of Enginneers* (USCS) dan *American Association of State Highway and Transportation Official* (AASTHO) bahwa hasil analisis di atas termasuk jenis tanah lanau dengan plastisitas tinggi (Das, E., & Indrasurya B, 1988) . Tanah pengganti ini memiliki daya dukung yang lebih dibandingkan tanah eksisting, hal ini dapat ditunjukkan sebagaimana pada tabel 3

Tabel 3. Propertis Tanah *Embankment*

Parameter tanah	Sampel A	Sampel B
γ dry (kN/m ³)	1,314	1,255
γ wet (kN/m ³)	1,732	1.713
w (%)	31,80	36,50
ν	0,3	0,30
E (kN/m ²)	32000	32000
C (kN/m ²)	26	26
ϕ (°)	19	19
K (cm/det)	3,83 x 10 ⁻⁶	

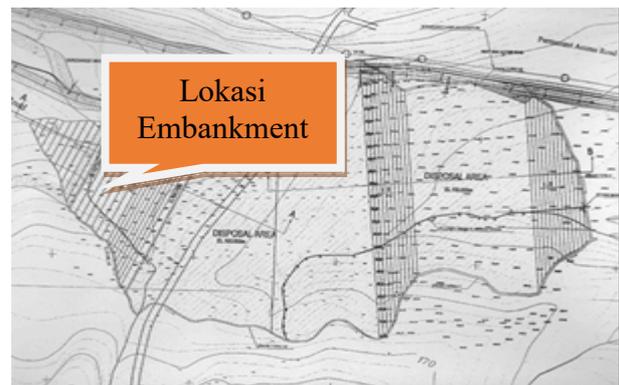
Sumber: (laboratorium, 2011)

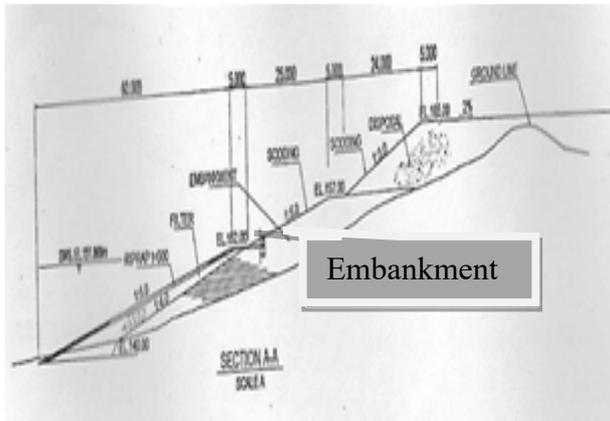
3.3 Pelaksanaan *Embankment Saddle Dam*

Pekerjaan *Saddle Dam* dimulai dengan penggalian tanah eksisting atau tanah lunak dengan

material tanah pengganti. *Embankment* setinggi 3 m seperti ditunjukkan gambar 5 dilakukan secara bertahap yaitu diawali dengan menggelar tanah dengan alat *Bulldozer* dengan masing-masing ketebalan lapisan 30 cm. Setelah itu dipadatkan dengan *Vibrating Roller* sebanyak 6 lintasan. Material berikutnya adalah filter dengan tebal 100 cm dan Riprap 50 cm seperti pada gambar 6. Uji kepadatan dan permeabilitas dilakukan setiap 2 layer timbunan, uji kepadatan (*Field Density*) dilakukan dengan metode *Sandcone* sedang uji permeabilitas dilakukan dengan menggunakan metode *Constant Head*. Target hasil kepadatan di lapangan adalah 95% kepadatan tanah di laboratorium.

Dari beberapa tahapan pekerjaan dapat dilihat hasil pelaksanaan *embankment Saddle Dam* seperti ditunjukkan gambar 7 di bawah ini.





Gambar 5. Tampak dan Potongan *Saddle Dam*



Gambar 6. Pemasangan Timbunan *Saddle Dam*



Gambar 7. Kondisi *Saddle Dam* Tahap Akhir Pekerjaan

3.4 Analisis Stabilitas Lereng *Saddle Dam*

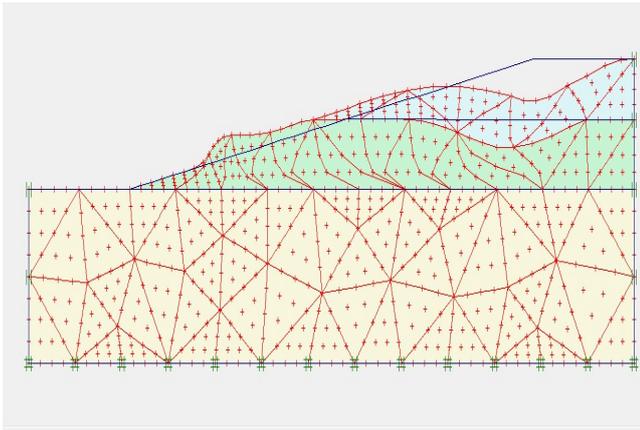
Analisis Stabilitas dilakukan untuk menjamin bahwa lereng *Saddle Dam* dinyatakan aman terhadap longsoran, untuk itu perlu diketahui nilai keamanan lereng (FOS) baik menggunakan persamaan stabilitas maupun menggunakan *Software*. Parameter tanah sebagaimana pada tabel 3 sangat bermanfaat sebagai input pada saat melakukan analisis stabilitas (Anonim). Selain itu, perlu juga diketahui propertis tanah fondasi atau tanah eksisting di bawah *embankment*. Hasil investigasi lapangan dengan bor diperoleh jenis tanah fondasi berupa batuan lanau dan pasir kelanauan dengan sifat-sifat seperti pada tabel 4.

Tabel 4 menunjukkan parameter tanah yang terdiri tanah timbunan (tanah pengganti dan tanah asli berupa tanah lempung dan pasir. Data parameter tanah ini digunakan sebagai input dalam analisis menggunakan *soft ware* plaxis 8.6. Hasil analisis ditunjukkan pada gambar 8.

Tabel 4. Propertis Tanah Fondasi

Parameter tanah	Tanah Timbunan	Tanah Asli loam)	Tanah Asli pasir)
γ wet (kN/m ³)	19,99	15,0	20
γ dry (kN/m ³)	13,14	13,5	17
ν	0,3	0,3	0,2
E (kN/m ²)	20000	20000	30000
C (kN/m ²)	27	8	1
ϕ (°)	19	29	36

Parameter	Tanah	Tanah	Tanah
tanah	Timbunan	Asli loam)	Asli pasir)
K (m/hr)	10^{-2}	10^{-1}	0.5



Gambar 8. *Deformed Mesh Model Elemen Hingga Saddle Dam*

Hasil analisis seperti pada gambar 8 menunjukkan tidak terjadi *displacement* pada embankment, hal ini akibat lereng yang landai atau hanya 1: 5. Selain itu, tidak adanya beban baik beban bangunan maupun beban lalu-lintas menyebabkan lereng tetap stabil meskipun berada di atas lapisan tanah yang kurang keras. Stabilitas juga diperkuat dengan adanya sistem drainase yang baik.

Incremental multipliers		Total multipliers	
Mdisp:	0.0000	Σ -Mdisp:	1.0000
MloadA:	0.0000	Σ -MloadA:	1.0000
MloadB:	0.0000	Σ -MloadB:	1.0000
Mweight:	0.0000	Σ -Mweight:	1.0000
Maccel:	0.0000	Σ -Maccel:	0.0000
Msf:	0.1000	Σ -Msf:	2.9557

Gambar 9. Angka Keamanan setelah proses running 2,96

Hasil analisis stabilitas lereng *embankment saddle dam* juga menghasilkan nilai keamanan sebesar 2,96 sebagaimana ditunjukkan pada gambar 9, telah melebihi nilai keamanan standar yaitu FOS 1,2 sehingga stabilitas *Saddle dam* dinyatakan aman.

Saat ini bangunan tersebut telah berjalan sesuai fungsinya sejak tahun 2014 sebagaimana ditunjukkan pada gambar 10 di bawah ini.



Gambar 11. Saddle Dam Waduk Jatibarang
 (Kompas.com-06/01/2018, 23:26 WIB)

4. Kesimpulan

Waduk Jatibarang bagian kanan terdapat punggung atau pelana dengan elevasi hanya 10 m di atas elevasi muka air waduk sehingga dikhawatirkan melimpas ke daerah sekitarnya, oleh karena itu perlu dibangun *Saddle dam*.

Namun pembangunan ini mengalami kendala di mana berdasar peta geologi rencana lokasi bangunan ini terletak pada formasi kerek dengan kerentanan terhadap kelongsoran cukup tinggi.

Topografi lereng punggung yang landai telah meringankan usaha perbaikan pondasi karena beban lebih merata. Namun, permukaan lereng perlu diganti dengan tanah lain yang memiliki sifat fisik maupun mekanik yang lebih baik didukung dengan penyediaan sistem drainase yang baik untuk mengurangi tekanan air pori tanah.

Stabilitas lereng *Saddle dam* perlu dianalisis agar terjamin keamanannya. Analisis ini dilakukan menggunakan software plaxis 8.6 didukung data parameter tanah yang diperoleh dari uji laboratorium maupun dari beberapa referensi. Hasil analisis diperoleh nilai keamanan lereng 2,96 sehingga *Saddle dam* dinyatakan stabil dan aman

References

- Anonim. (n.d.). *Plaxis Veri 8 Manual Latihan*.
- Das, M., E., N., & Indrasurya B, M. (1988). *Mekanika Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- laboratorium, J. (2011). *Laporan uji propertis tanah saddle dam bendungan jatibarang*. Semarang: BAP, Waskita, Wika. JO.
- Santoso, E. B. (2013). *Peta Geologi Regional*. Semarang: CTII.