

ANALISIS KELONGSORAN BENDUNGAN SEMANTOK KABUPATEN NGANJUK DENGAN METODE BISHOP

Athallah Nujud Fahardi¹, Moch. Sholeh², Armin Naibaho³.

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³
anujudf33@gmail.com¹, moch.sholeh@polinema.ac.id², arminnaibaho1967@gmail.com³

ABSTRAK

Bendungan Semantok merupakan salah satu bendungan yang sedang dibangun dan termasuk dalam PSN (proyek strategis nasional), Bendungan ini terletak di Kabupaten Nganjuk, Jawa Timur. Bendungan Semantok didesain dengan tipe zonal (inti vertikal) dengan 6 zona timbunan yaitu zona inti, filter halus, filter kasar, random tanah, rip-rap, dan rock toe serta merupakan bendungan urugan yang membentang sepanjang 3.100 meter. Tujuan dari skripsi ini adalah untuk mengetahui nilai angka keamanan stabilitas lereng (kondisi tanpa gempa dan dengan beban gempa), mengetahui besar kapasitas debit rembesan, serta dapat mengetahui metode pelaksanaan timbunan dan rencana anggaran biaya Bendungan Semantok. Dari hasil perhitungan diperoleh kapasitas debit rembesan yang terjadi (pada program Geo-Studio SEEP/W 2012) < 1% dari rata-rata debit sungai yang masuk ke dalam waduk sehingga aman dari rembesan. Analisis faktor keamanan kelongsoran stabilitas lereng dianalisis dalam berbagai kondisi muka air dengan dan tanpa beban gempa menghasilkan nilai diatas faktor keamanan minimum. Biaya yang dibutuhkan adalah sebesar Rp. 11.453.860.100,00. untuk pekerjaan galian dan timbunan pada Sta.2500 Paket II Bendungan Semantok.

Kata kunci : Bendungan, Kelongsoran, Stabilitas Lereng, Rembesan, Metode Pelaksanaan, Biaya.

ABSTRACT

The Semantok Dam is one of the dams being built and included in the PSN (national strategic project), this dam is located in Nganjuk Regency, East Java. The Semantok Dam is designed with a zonal type (vertical core) with 6 embankment zones, namely the core zone, fine filter, coarse filter, random soil, rip-rap, and rock toe and is an embankment dam that spans 3,100 meters. The purpose of this thesis is to determine the value of the slope stability safety factor (conditions without earthquake and with earthquake loads), to determine the amount of seepage discharge capacity, and to determine the method of embankment implementation and the budget plan for the Semantok Dam. From the calculation results, the seepage discharge capacity that occurs (in the Geo-Studio SEEP/W 2012 program) is < 1% of the average river discharge entering the reservoir so that it is safe from seepage. The analysis of the safety factor for slope stability was analyzed under various water level conditions with and without earthquake loads, producing values above the minimum safety factor. The cost required is Rp. 11,453,860,100.00. for excavation and backfill work at Sta.2500 Package II Semantok Dam.

Keywords : Dam, Landslide, Slope Stability, Seepage, Implementation Method, Cost..

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Nganjuk sering mengalami kekeringan pada musim kemarau, tetapi pada saat musim hujan selalu mengalami banjir akibat meluapnya sungai di bagian hulu yaitu di Gunung Pandan dan daerah Pegunungan Kendeng. Pembangunan bendungan diharapkan dapat

mengatasi masalah ketersediaan air dan menanggulangi bencana banjir.

Bendungan adalah tempat membendung atau menampung banyak air yang sangat bermanfaat, namun juga menyimpan risiko potensi bahaya yang besar, Bendungan yang runtuh dapat menimbulkan bencana besar yang dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan, harta benda dan

bahkan korban jiwa di daerah hilir. Berdasarkan fakta risiko tersebut sehingga pada Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2015 tentang Bendungan, disebutkan bahwa setiap Bendungan harus selalu dilakukan monitoring dan pemeliharaan, agar pengelola dapat mengetahui status keamanan bendungan yang dikelola dan memudahkan untuk menetapkan tindak lanjut terhadap status Bendungan tersebut. Untuk mencegah atau sekurang-kurangnya mengurangi risiko kegagalan Bendungan, perlu untuk melakukan pengaturan secara khusus mengenai keamanan Bendungan.

Tujuan dari analisis ini adalah dapat mengetahui faktor keamanan stabilitas bendungan (kondisi tanpa beban gempa dan dengan beban gempa), besar kapasitas debit rembesan, metode pelaksanaan dan perhitungan rencana anggaran biaya pada pekerjaan galian dan timbunan pada Sta.2500 Paket II Bendungan Semantok.

2. METODE

Deskripsi Proyek

Bendungan Semantok terletak pada hilir pertemuan Sungai Tritik dengan Sungai Brengkok di Dusun Kedungpingit, Desa Sambi Kerep, Kecamatan Rejoso, Kabupaten Nganjuk, Propinsi Jawa Timur. Bendungan terletak pada koordinat 1110 53' 25.68" BT dan 70 29' 41,90" LS. Bendungan Semantok terletak di Aliran Sungai Semantok. As bendungan Semantok direncanakan terletak di antara bukit kanan dan kiri Sungai Semantok dengan jarak 3.005 meter.

Analisis Data

Analisis Stabilitas Lereng

Menurut Hardiyatmo dalam referensi [2], Pada permukaan tanah yang tidak horizontal komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah titik jika komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikerahkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui maka akan terjadi kelongsoran lereng. Analisis stabilitas pada permukaan tanah yang miring ini disebut analisis stabilitas lereng.

Perhitungan stabilitas lereng pada tubuh bendungan ini menggunakan program *Geo-Studio SLOPE/W* dengan metode *Bishop*. Perhitungan stabilitas lereng ini dihitung dalam berbagai kondisi yaitu kondisi setelah selesai konstruksi, muka air banjir dan muka air normal pada area hulu dan hilir bendungan yang dihitung dengan kondisi tanpa beban gempa dan dengan beban gempa termodifikasi OBE (*Operating Basis Earthquake*) dan MDE (*Maximum Design Earthquake*).

Menurut referensi [6], syarat faktor kermanan kondisi tanpa gempa harus > 1,3 dan pengecualian untuk kondisi

MAN > 1,5. Sedangkan pada saat kondisi gempa OBE faktor keamanan harus > 1,2 dan minimal harus sama dengan 1 untuk kondisi gempa MDE. Apabila tidak memenuhi maka perlu dilakukan perkuatan pada lereng bendungan.

Dalam menganalisis faktor keamanan pada bendungan ini dilakukan dengan menggunakan rumus manual dengan menggunakan metode Bishop dan program *Geo-Studio SLOPE/W* 2012. Metode Bishop dipakai untuk menganalisis permukaan gelincir (*slip surface*) yang berbentuk lingkaran. Bishop memperkenalkan suatu penyelesaian yang lebih teliti dari pada metode irisan yang sederhana.

Dalam metode ini, pengaruh gaya-gaya pada sisi tepi tiap irisan diperhitungkan. Dalam metode ini diasumsikan bahwa gaya-gaya normal total berada/bekerja dipusat alas potongan dan bisa ditentukan dengan menguraikan gaya-gaya pada potongan secara vertikal atau normal. Persyaratan keseimbangan dipakai pada potongan-potongan yang membentuk lereng tersebut. Metode Bishop menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal.

Diperoleh persamaan faktor aman sebagai berikut : dinyatakan oleh persamaan:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} [c' b_i + (W_i - u_i b_i) t g \varphi'] \left(\frac{1}{\cos \theta_i (1 + t g \theta_i t g \varphi' / F)} \right)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \quad (1)$$

Dengan,

- F = faktor aman
- c' = kohesi tanah efektif (kN/m²)
- b_i = lebar irisan ke-i (m)
- W_i = berat irisan tanah ke-i (kN)
- φ' = sudut gesek dalam tanah efektif (derajat)
- θ_i = sudut yang didefinisikan dalam Gambar 2.8
- u_i = tekanan air pori irisan ke-i (kN/m²)

Rasio tekanan air pori (pore pressure ratio) didefinisikan sebagai:

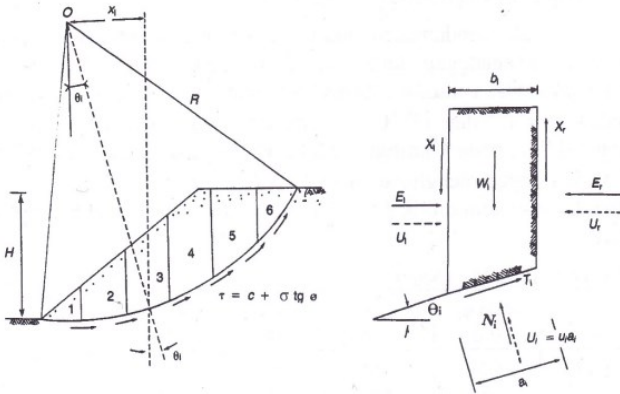
$$r_u = \frac{ub}{W} = \frac{u}{\gamma h} \quad (2)$$

Dengan:

- r_u = rasio tekanan air pori
- u = tekanan air pori (kN/m²)
- b = lebar irisan ke (m)
- γ = berat volume tanah (kN/m³)
- h = tinggi irisan rata-rata (m)

Dari substitusi persamaan 1 ke persamaan 2 bentuk lain dari persamaan faktor aman untuk analisis stabilitas lereng cara Bishop:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n [c' b_i + W_i (1 - r_u) \tan \phi'] \left(\frac{1}{\cos \theta_i (1 + \tan \theta_i \tan \phi' / F)} \right)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \theta_i} \quad (3)$$



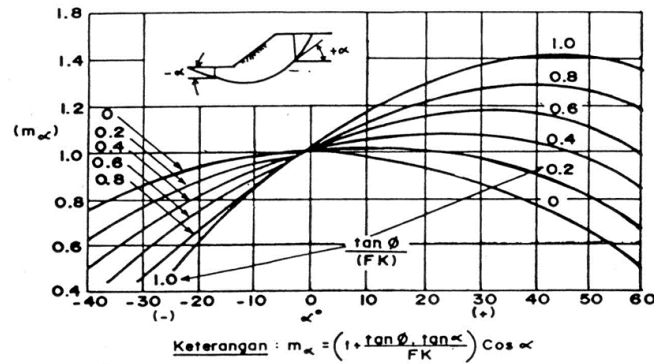
Gambar 1. Gambar Gaya-gaya yang Bekerja pada Irisan
(Sumber: Hardiyatmo, 2007:360)

Dimana:

- X1, Xr = gaya geser efektif disepanjang sisi irisan.
- E1, Er = gaya normal efektif disepanjang sisi irisan.
- Ti = resultan gaya geser efektif yang bekerja sepanjang dasar irisan.
- Ni = resultan gaya normal efektif yang bekerja sepanjang dasar irisan.
- U1, Ur = tekanan air pori yang bekerja dikedua sisi irisan.
- Ui = tekanan air pori di dasar irisan.

Nilai m bisa ditentukan dari Gambar Untuk mempercepat perhitungan, cara penyelesaiannya dilakukan dengan coba ulang (trial and errors) nilai- nilai faktor keamanan menggunakan gambar tersebut. Faktor keamanan yang diperoleh akan terlalu besar, jika sudut negatif di lereng paling bawah mendekati 300. Hal ini terjadi jika lingkaran longsor sangat dalam atau pusat rotasi diasumsi berada dekat puncak lereng. Gambar dapat digunakan untuk menentukan nilai fungsi Mi, dengan:

$$M_i = \cos \theta_i (1 + \tan \theta_i \cdot \tan \phi' / F) \quad (4)$$



Gambar 2. Gambar Nilai m_x untuk persamaan Bishop
(Sumber: Hardiyatmo, 2007:367)

Analisis Rembesan

DR. S Sosrodarsono dalam referensi [3], baik tubuh bendungan maupun pondasi diharuskan mampu mempertahankan diri terhadap gaya-gaya yang ditimbulkan oleh adanya air filtrasi yang mengalir melalui celah-celah antara butiran-butiran tanah pembentuk tubuh bendungan dan pondasi. Hal tersebut dapat diketahui dengan membuat formasi garis depresi dalam tubuh bendungan dan jaringan trayektori aliran filtrasi dalam tubuh serta pondasi bendungan yang akan menghasilkan nilai kapasitas rembesan atau aliran filtrasi.

Menganalisis kapasitas rembesan pada tubuh bendungan ini dilakukan dengan menggunakan rumus manual dan program *Geo-Studio SEEP/W 2012*. Memperkirakan besarnya kapasitas rembesan yang mengalir melalui tubuh dan pondasi bendungan yang didasarkan pada jaringan trayektori aliran filtrasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_f = \frac{N_f}{N_d} \cdot k \cdot H \cdot L \quad (1)$$

Dengan:

- Qf = kapasitas rembesan (kapasitas aliran filtrasi)
- Nf = angka pembagi dari garis trayektori aliran filtrasi
- Nd = angka pembagi dari garis equi-potensial
- k = koefisien filtrasi
- H = tinggi tekanan air total
- L = panjang profil melintang tubuh bendungan

Menurut referensi [5] hasil perhitungan harus memenuhi syarat yaitu < 1% dari debit rata-rata sungai.

Pembuatan Metode Pelaksanaan dan Rencana Anggaran Biaya

Dari hasil analisis perhitungan diatas maka akan diketahui desain dan nilai faktor keamanan yang aman serta dituangkan dengan melakukan penerapan metode pelaksanaan yang sesuai dengan perencanaan, spesifikasi mutu dan Rencana Anggaran Biaya pada lereng Bendungan Semantok.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Stabilitas Lereng

Stabilitas lereng dianalisis menggunakan program *Geo-Studio SLOPE/W 2012* menggunakan metode *limit equilibrium Bishop*. Analisis stabilitas lereng dihitung pada kondisi tanpa dan dengan beban gempa pada kondisi Setelah Kontruksi, Muka Air Banjir, dan Muka Air Normal pada area hulu dan hilir bendungan.

Hasil Hasil Analisis kondisi lereng Bendungan Sematok Sta. 2500 dengan berbagai pengkondisian secara manual dan menggunakan program *Geo-Studio SLOPE/W 2012* dengan metode Bishop didapatkan hasil :

- a. Kondisi tanpa gempa muka air banjir bagian hulu lereng Bendungan Semantok secara manual sebesar $F_k = 2,135$ sedangkan melalui aplikasi *Geo-Studio Slope/W 2012* nilai $F_k = 4,033$. Perbedaan nilai f_k manual dan aplikasi dipengaruhi oleh arah sudut geometri irisan dan besar nilai tekanan air pori pada bagian yang dianggap kering sehingga mendapatkan nilai yang terpaut jauh.
- b. Kondisi tanpa beban gempa menggunakan program *Geo-Studio SLOPE/W 2012* dari hasil analisis stabilitas lereng tanpa beban gempa dapat disimpulkan bahwa faktor keamanan stabilitas lereng Bendungan Semantok pada semua kondisi muka air pada bagian hulu dan hilir melebihi faktor keamanan minimum yang diizinkan yaitu 1,50.

Tabel 1. Faktor Keamanan Stabilitas Lereng

Kondisi		Fk Diizinkan	Fk Tanpa Gempa	Ket.
Kondisi I: Setelah Konstruksi	Hulu U/S	1,5	2,829	Aman
	Hilir D/S	1,5	2,564	Aman
Kondisi II: Muka Air Normal	Hulu U/S	1,5	3,340	Aman
	Hilir D/S	1,5	2,562	Aman
Kondisi III: Muka Air Banjir	Hulu U/S	1,5	5,007	Aman
	Hilir D/S	1,5	2,540	Aman

Sumber : Hasil Analisis

- c. Kondisi dengan beban gempa menggunakan program *Geo-Studio SLOPE/W 2012*. Dari hasil analisis stabilitas lereng dengan beban gempa termodifikasi OBE (Operating Basis Earthquake) kala ulang 100 tahun diatas dapat disimpulkan bahwa faktor keamanan stabilitas lereng Bendungan Semantok pada semua kondisi muka air pada bagian hulu dan hilir melebihi faktor keamanan minimum yang diizinkan yaitu 1,20. Sedangkan dengan beban gempa termodifikasi MDE (Maximum Design Earthquake) kala ulang 10.000 tahun diatas dapat disimpulkan bahwa faktor keamanan stabilitas lereng Bendungan Semantok pada semua kondisi muka air pada bagian hulu dan hilir melebihi faktor minimum yang diizinkan yaitu 1,00.

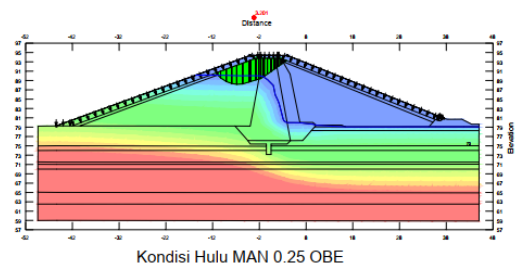
Sesuai dengan perhitungan faktor dan kelas risiko, Bendungan Semantok termasuk dalam kelas IV (Ekstrem) sehingga kriteria beban gempa OBE menggunakan beban gempa dengan kala ulang 100 tahun, sedangkan untuk beban gempa MDE menggunakan kala ulang 10.000 tahun. Koefisien beban gempa didapatkan dari peta percepatan puncak di batuan dasar sesuai dengan kala ulang yang bisa dilihat pada referensi [4] yang telah dimodifikasi sesuai faktor amplikasi dan pengkondisian beban gempa Y/H (0,25; 0,50; 0,75; 1,00).

Kondisi Muka Air Normal (MAN) :

Tabel 2. Faktor Keamanan Stabilitas Lereng

y/H	Statik Fk	OBE Fk	MDE Fk	Ket.
Upstream / Hulu				
0,25	3,340	3,201	1,522	Aman
0,50		2,263	1,179	Aman
0,75		2,056	1,107	Aman
1,00		1,988	1,063	Aman
Downstream / Hilir				
0,25	2,562	3,685	1,69	Aman
0,50		2,371	1,364	Aman
0,75		1,997	1,199	Aman
1,00		1,863	1,146	Aman

Sumber : Hasil Analisis



Gambar 3. Analisis Stabilitas Lereng Bendungan Bagian Hulu Kondisi Muka Air Normal Dengan Beban Gempa

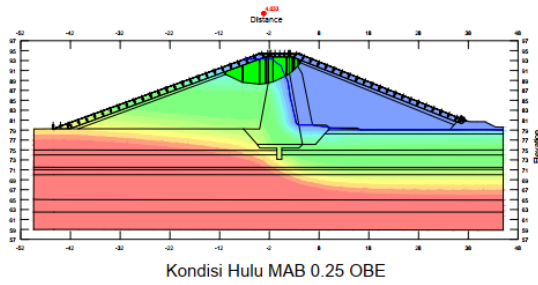
Sumber: Hasil Analisis

Kondisi Muka Air Banjir (MAB) :

Tabel 3. Faktor Keamanan Stabilitas Lereng

y/H	Statik FK	OBE FK	MDE FK	Ket.
Upstream / Hulu				
0,25	5,007	4,033	1,554	Aman
0,50		2,964	1,310	Aman
0,75		2,622	1,226	Aman
1,00		2,686	1,206	Aman
Downstream / Hilir				
0,25	2,540	3,581	1,605	Aman
0,50		2,362	1,286	Aman
0,75		2,029	1,171	Aman
1,00		1,934	1,169	Aman

Sumber : Hasil Analisis



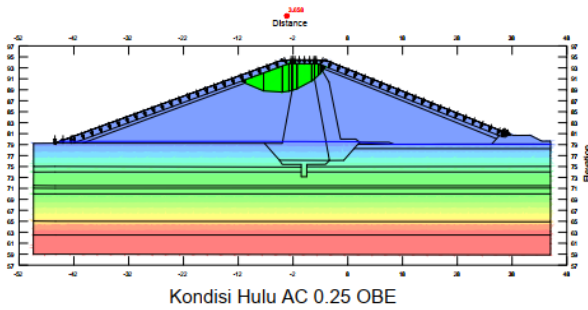
Gambar 4. Analisis Stabilitas Lereng Bendungan Bagian Hulu Kondisi Muka Air Banjir Dengan Beban Gempa
Sumber: Hasil Analisis

Kondisi Setelah Konstruksi :

Tabel 4. Faktor Keamanan Stabilitas Lereng

y/H	Statik	OBE	MDE	Ket.
	Fk	Fk	Fk	
Upstream / Hulu				
0,25	2,829	3,658	1,662	Aman
0,50		2,477	1,365	Aman
0,75		2,157	1,261	Aman
1,00		2,030	1,243	Aman
Downstream / Hilir				
0,25	2,564	3,674	1,689	Aman
0,50		2,401	1,364	Aman
0,75		2,060	1,248	Aman
1,00		1,947	1,226	Aman

Sumber : Hasil Analisis



Gambar 5. Analisis Stabilitas Lereng Bendungan Bagian Hulu Kondisi Setelah Konstruksi Dengan Beban Gempa
Sumber: Hasil Analisis

Analisis Rembesan

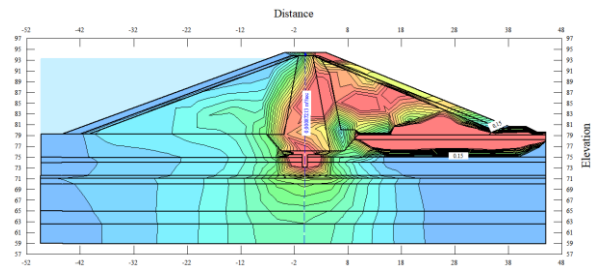
Besarnya rembesan yang keluar dari pondasi maindam dihitung dengan perangkat lunak (software geostudio SEEP/W) produksi Geoslope International, Kanada, yang berbasis Finite Element. Hasil perhitungan adalah berupa Flux, yaitu rembesan per meter panjang bendungan.

Analisis rembesan melalui tubuh Bendungan Semantok dilakukan dengan metode elemen hingga (finite element), dengan menggunakan program SEEP/W. Analisis rembesan dilakukan pada kondisi aliran langgeng (steady seepage), pada elevasi muka air banjir (MAB) dan elevasi muka air

normal (MAN). Besarnya rembesan yang melalui tubuh bendungan harus lebih kecil dari ketentuan yang disyaratkan, yaitu sebesar 1% dari inflow rata-rata tahunan sebesar 0,02080 m3/detik yang masuk ke bendungan.

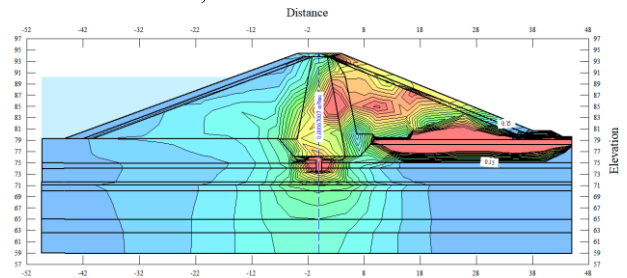
Hasil besar kapasitas debit rembesan Bendungan Semantok di Sta 2500 dengan program Geo-Studio SEEP/W 2012 yaitu :

- a. elevasi muka air banjir (MAB = 93.13 meter) : 8.7213 x 10-5 m3/detik < 0,02080 m3/detik.



Gambar 6. Analisis Rembesan Bendungan Kondisi Muka Air Banjir
Sumber: Hasil Analisis

- b. elevasi muka air normal (MAN = 90.14 meter) : 6.7007 x 10-5 m3/detik < 0,02080 m3/detik.



Gambar 7. Analisis Rembesan Bendungan Kondisi Muka Air Normal
Sumber: Hasil Analisis

Dari syarat yang ditetapkan yaitu 1% dari debit sungai tahunan rata-rata sebesar 0,02080 m3/detik, sehingga dapat disimpulkan kapasitas rembesan yang terjadi pada tubuh dan pondasi pada Bendungan Semantok dalam keadaan “aman”.

Metode Pelaksanaan Pekerjaan Tanah Maindam

Pelaksanaan konstruksi timbunan bendungan terbagi menjadi 2 paket. Batas kontrak konstruksi antara Paket I dan Paket II ditempatkan diluar palung sungai sampai dengan sta. 1700. Pelaksanaan konstruksi timbunan pada lereng bendungan ini mengacu pada Paket II oleh kontraktor Utama Karya pada Bendungan Semantok.

Pekerjaan timbunan yang akan dilaksanakan adalah timbunan di Sta. 2500 pada bagian bendungan utama yang terdiri dari Zona 1 (Timbunan Tanah Inti), Zona 2 (Timbunan Filter Halus), Zona 3 (Timbunan Filter Kasar), Zona 4 (Timbunan Random Tanah), Zona 5 Rip-Rap dan Zona 6 (Rock Toe).

Metode pelaksanaan secara umum pekerjaan galian dan timbunan pada Bendungan Semantok Sta. 2500 Paket II sebagai berikut :

- a. Pekerjaan galian tanah biasa dibuang di area disposal, sedangkan untuk pekerjaan galian tanah pada setiap zona didapat dari quarry dan borrow area yang diangkut ke stock pile masing-masing zona yang telah direncanakan.
- b. Pekerjaan timbunan dilaksanakan dengan material masing-masing zona yang diambil dari stock pile.

Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya yang akan dihitung disini meliputi pekerjaan galian dan timbunan pada STA 2500. Analisis harga satuan pekerjaan dihitung berdasarkan Harga Satuan Dasar Kabupaten Nganjuk 2020 dan koefisien (material, bahan, dan alat) dari referensi [8]. Biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan galian dan timbunan pada Bendungan Semantok STA 2500 adalah sebesar Rp. 11,453,860,100.00.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan diantaranya:

1. Hasil Analisis kondisi lereng Bendungan Semantok Sta. 2500 dengan berbagai pengkondisian secara manual dan menggunakan program Geo-Studio SLOPE/W 2012 dengan metode Bishop didapatkan hasil:
 - a. Kondisi tanpa gempa muka air banjir bagian hulu lereng Bendungan Semantok secara manual sebesar $F_k = 2,135$ sedangkan melalui aplikasi Geo-Studio Slope/W 2012 nilai $F_k = 4,033$.
 - b. Kondisi tanpa beban gempa menggunakan program Geo-Studio SLOPE/W 2012

Dari hasil analisis stabilitas lereng tanpa beban gempa dapat disimpulkan bahwa faktor keamanan stabilitas lereng Bendungan Semantok pada semua kondisi muka air pada bagian hulu dan hilir melebihi faktor keamanan minimum yang diizinkan yaitu 1,50.
 - c. Kondisi dengan beban gempa menggunakan program Geo-Studio SLOPE/W 2012

Dari hasil analisis stabilitas lereng dengan beban gempa termodifikasi OBE (Operating Basis Earthquake) kala ulang 100 tahun diatas dapat disimpulkan bahwa faktor keamanan stabilitas lereng Bendungan Semantok pada semua kondisi muka air pada bagian hulu dan hilir melebihi faktor keamanan minimum yang diizinkan yaitu 1,20.

Sedangkan dengan beban gempa termodifikasi MDE (Maximum Design Earthquake) kala ulang 10.000 tahun diatas dapat disimpulkan bahwa faktor keamanan stabilitas lereng Bendungan Semantok

pada semua kondisi muka air pada bagian hulu dan hilir melebihi faktor minimum yang diizinkan yaitu 1,00.

2. Hasil besar kapasitas debit rembesan Bendungan Semantok di Sta 2500 dengan program Geo-Studio SEEP/W 2012 yaitu :
 - a. elevasi muka air banjir (MAB = 93.13 meter) : $8.7213 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} < 0,02080 \text{ m}^3/\text{detik}$ (Aman).
 - b. elevasi muka air normal (MAN = 90.14 meter) : $6.7007 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} < 0,02080 \text{ m}^3/\text{detik}$ (Aman).
3. Metode pelaksanaan secara umum pekerjaan galian dan timbunan pada Bendungan Semantok Sta. 2500 Paket II sebagai berikut :
 - a. Pekerjaan galian tanah biasa dibuang di area disposal, sedangkan untuk pekerjaan galian tanah pada setiap zona didapat dari quarry dan borrow area yang diangkut ke stock pile masing-masing zona yang telah direncanakan.
 - b. Pekerjaan timbunan dilaksanakan dengan material masing-masing zona yang diambil dari stock pile.
4. Hasil rencana anggaran biaya pelaksanaan pekerjaan galian dan timbunan Bendungan Semantok sebesar Rp. 11,453,860,100.00

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tjokorda Gde Suwarsa Putra, I Nyoman Aribudiman, Gede Rico Juliawan. 2016. Analisis Stabilitas Lereng Pada Bendungan Titab. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, Vol. 20, No. 1.
- [2] Hardiyatmo, H.C. 2006. Penanganan Tanah Longsor Dan Erosi Edisi Pertama. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [3] Sosrodarsono, DR. Suyono. 1977. Bendungan Tipe Urugan. Jakarta: PT. Pradnya Paramitha.
- [4] Pusat Studi Gempa Nasional. 2017. Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017. Jakarta: Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman.
- [5] Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Direktorat Sungai Danau dan Waduk. Desember 2005. Pedoman *Grouting* untuk Bendungan. Jakarta: Direktorat Sungai Danau dan Waduk.
- [6] Badan Standardisasi Nasional. 2016. SNI 8064 Metode Analisis Stabilitas Lereng Statik Bendungan Tipe Urugan. Jakarta: BSN 2016
- [7] Kep Men Permukiman Dan Prasarana Wilayah. 2004. Analisis Stabilitas Bendungan Tipe Urugan Akibat Beban Gempa. Jakarta: Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah.
- [8] Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No. 11/PRT/M/2013. Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.