

ANALISIS PENINGKATAN KAPASITAS KANTONG LAHAR KALI REGOYO DESA REGOYO KABUPATEN LUMAJANG

Ir. Chairil Saleh, MT, Ir. Ernawan Setyono, MT, Faris Rakhmat Hidayat
Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang

Abstraksi: Kali Regoyo menerima material dari letusan Gunung Semeru dengan volume ± 6 juta m^3 atau hampir 10 % dari total perkiraan material yang menjadi lahar sekunder. Salah satu usaha yang dilakukan dalam rangka pengendalian aliran sedimen dan mengurangi suplai sedimen tersebut adalah dengan menahan dan menampung sehingga aliran lahar atau sedimen dalam relatif lama yang dapat mengakibatkan pendangkalan pada daerah tengah dan hilir. Untuk menghindari bencana yang diakibatkan oleh bahaya aliran lahar Gunung Semeru tersebut, dibuat bangunan pengendali sedimen yang antara lain Kantong Pasir. Untuk mereduksi debit puncak sedimen karena volume kontrol dapat direncanakan dengan menentukan dimensi dan jumlah celah. Dengan kata lain dimensi dan jumlah celah berpengaruh terhadap besar volume kontrol sedimen. Makin kecil dimensi celah dan makin sedikit jumlah celah, makin besar volume kontrol sedimen. Setelah debit puncak perencanaan (Q) sebesar $357,397 m^3/det$ didapat dari perhitungan, maka dapat direncanakan dimensi drempeel kantong lahar. Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa tinggi main dam 6,5 m, lebar mercu main dam 4 m, kemiringan bagian hulu 1:0,9 dan kemiringan hilir 1:0,2, lebar dasar peluap 100 m, elevasi muka air 1,524 m dan tinggi jagaan 1,2. Tinggi sub dam 3,34 m, lebar mercu sub dam 3 m, kemiringan bagian hulu 1:0,9 dan kemiringan bagian hilir 1:0,2. Jarak main dam dan sub dam adalah 25 m dengan tebal lantai (Apron) 1,5 m, volume sedimen statis = $910.560,345 m^3$, volume sediment dinamis = $1.204.847,909 m^3$, volume sedimen yang harus diatur = $294.287,564 m^3$. Melihat begitu kompleksnya permasalahan sedimen dan perilakunya, maka penanggulangan terhadap kemungkinan terjadinya banjir lahar di daerah kali regoyo harus memperhatikan kondisi dan perilaku sedimen yang ada.

Kata Kunci : Lahar, Sedimen, dan Drempeel Kantong Lahar.

Abstract: Times Regoyo receive material from the eruption of Mount Semeru with volume ± 6 million m^3 , or nearly 10% of the total estimate of the secondary material into lava. One of the efforts undertaken in order to control sediment flow and reduced sediment supply is to detain and hold until the flow of lava or sediment in a relatively long time can lead to silting in the middle and downstream areas. To avoid the danger of disaster caused by lava flows of Mount Semeru, the created building sediment control, among others, lava sand bags. To reduce the peak discharge of sediment due to the volume control can be planned to determine the dimensions and number of gaps. In other words the dimension and the number of gaps affect large volumes of sediment control. The smaller the gap dimensions and fewer gaps, the greater volume of sediment control. After the peak discharge planning (Q) of $357.397 m^3/s$ in the can from the calculation, it can be planned dimensions of the bag Drempeel lava. From the calculations, that high draft 6.5 m, width 4 m crow's main dam, the upstream slope of

the downstream slope of 1:0,9 and 1:0,2, peluap base width 100 m, water surface elevation and height of 1.524 m surveillance 1.2. Sub-3.34 m high dam, the width of the dam crown sub 3 m, the slope of the upstream slope of 1:0,9 and 1:0,2 distance downstream of the dam and main dam is 25 m sub with thick floor (Apron) 1.5 m, the volume of sediment static = 910,560.345 m³, the volume of sediment dynamic = 1.204.847.909 m³, the volume of sediment that must be set = 294,287.564 m³. Looking at the complexity of sediment and behavior problems, then the response against the possibility of flooding in the area of lava Regoyo times must pay attention to the condition and behavior of existing sediment.

Keywords : *Lava, Sediment, and Drempel Bag Lava.*

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Gunung Semeru yang berlokasi ± 160 km disebelah Tenggara kota Surabaya merupakan salah satu gunung berapi yang tertinggi di pulau Jawa dengan ketinggian ± 3676 m diatas permukaan laut. Gunung berapi mengeluarkan lahar yang mengalir jauh 10 km dari pusat menyebabkan kerusakan pada hutan, perkebunan kopi dan bidang agrikultur. Salah satu dari jalur utama lintas selatan ini harus melewati Kali Regoyo dengan bentang 120 m bangunan tersebut terpendam sedalam 2,0 m dari permukaan endapan. Bangunan kantong pasir Lintas Kali Regoyo merupakan upaya melayani kebutuhan masyarakat dan membuka keterisolasian Wilayah Selatan Jawa Timur.

Untuk menghindari bencana yang diakibatkan oleh bahaya aliran lahar Gunung Semeru tersebut, dibuat bangunan pengendali sedimen yang

antara lain Check Dam. Type Checkdam dalam bangunan Kali Regoyo menggunakan tipe Checkdam terbuka yang sangat efektif untuk mereduksi debit puncak sedimen karena volume kontrol dapat direncanakan dengan menentukan dimensi.

1.2. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Debit banjir rencana dengan menggunakan kala ulang 50 tahun.
2. Hanya menganalisis laju pengangkutan aliran sedimen debris.
3. Perencanaan teknis hanya dititik beratkan pada dimensi bangunan Drempel kantong lumpur.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasar latar belakang dan batasan masalah tersebut , maka permasalahan yang ada dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapakah besarnya debit banjir rancangan dengan kala ulang 50th untuk merencanakan Drempel Kantong pasir?
2. Berapakah besarnya laju pengangkutan sedimen debris?
3. Berapakah dimensi bangunan Drempel kantong pasir?
4. Bagaimana stabilitas bangunan Drempel kantong pasir?

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui besarnya debit kala ulang 50th.
2. Untuk mengetahui besarnya laju pengangkutan sedimen debris.
3. Untuk mengetahui dimensi dan stabilitas bangunan drempel kantong lumpur.

II. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Perencanaan bangunan Drempel kantong pasir (Main Dam)

Tinggi main Dam diukur dari dasar sungai sampai mercu peluap dan harus direncanakan dengan ketinggian tertentu. Ketinggian main Dam juga harus dipertimbangkan oleh keadaan tebing kiri dan tebing kanan sungai. Pada perencanaan kantong pasir masuknya pondasi ke dalam tanah

direncanakan 2 m. Pada bagian hilir direncanakan 1 : 0,2 dengan maksud untuk menghindari batu – batu yang jatuh dari peluap memukul bagian hilirnya dan tidak menimbulkan gaya abrasi pada permukaan tubuh bendung bagian hilir. Dalam perencanaan peluap perlu dipertimbangkan letak dari peluap tersebut, letak peluap secara langsung akan mempengaruhi keadaan penampang sungai, baik di bagian hilir maupun dibagian hulu peluap. Bentuk peluap penahan sedimen ada beberapa macam. Dalam perencanaan umumnya digunakan berbentuk trapesium, sehingga cukup untuk melewati debit banjir rencana. Debit yang melalui peluap dapat dirumuskan:

$$Q = \frac{2}{15} C \sqrt{2g} (3B_1 + 2B_2) h^{3/2}$$

Dimana:

C = Koefisien limpasan
= (0,6 – 0,66).

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/dt²).

B1 = Lebar peluap bagian bawah (m).

B2 = Lebar muka air diatas peluap (m).

h = Tinggi air diatas peluap (m).

Lebar peluap diusahakan untuk memperbaiki alur sungai, sehingga diusahakan harus lebih kecil untuk menghindari gerusan yang terjadi pada

tebing. Untuk menentukan lebar peluap sebagai pendekatan digunakan rumus teori *Regine*:

$$B = C \cdot Q^{1/2}$$

Dimana:

B = Lebar peluap dasar (m).

C = Koefisien.

Q = Debit rencana (m^3/dt).

Letak sub Dam yaitu jarak antara bendung utama (main Dam) dan sub Dam ditentukan dengan rumus empiris:

$$L = (1,5 - 2,0) (H_1 + h_3) \rightarrow H_2 = (1/3 - 1/4)$$

Dimana:

H₂ = Tinggi mercu sub DAM dari dasar lantai (m).

L = Jarak antara main Dam dan sub Dam (m).

H₁ = Tinggi dari mercu main Dam dengan permukaan lantai (m)

h₃ = Tinggi muka air diatas peluap (m).

2.2. Kontrol Stabilitas Kontruksi.

Analisa stabilitas kontruksi bangunan main DAM ditinjau terhadap tiga kondisi yaitu:

1. Kestabilan terhadap guling (*volcanic Sabo Technical Centre, 1985:30*).

$$Sf = \frac{\sum Mt}{\sum Mg} \geq 1,5 \quad \text{Dimana:}$$

Sf = Faktor keamanan.

$\sum Mt$ = Momen tahan (tm).

$\sum Mg$ = Momen guling (tm).

2. Kestabilan terhadap geser.

$$Sf = \frac{f \cdot \sum V}{\sum H} \geq 1,2$$

Dimana:

F = Koefisien geser.

$\sum V$ = Jumlah Gaya – Gaya vertikal (t).

$\sum H$ = Jumlah Gaya – Gaya horizontal (t).

3. Kestabilan terhadap daya dukung tanah.

Perhitungan daya dukung tanah untuk pondasi menerus dapat digunakan rumus

$$Q_{ult} = C \cdot N_c (1 + 0,3B/L) + (\gamma \cdot D_f \cdot N_q) + [1/2 \cdot \gamma \cdot B \cdot N \gamma (1 - 0,2B/L)]$$

$$Q_a = \frac{Q_{ult} - \gamma \cdot D_f}{F_k} + \gamma \cdot D_f$$

Dimana:

Q_{ult} = Daya dukung batas tanah.

C = Kohesi tanah.

N_c, N_γ, N_q = Koefisien daya dukung tanah berdasarkan (°).

γ = Berat jenis tanah (t/m^3).

D_f = Kedalaman pondasi (m).

Q_a = Daya dukung tanah yang diijinkan.

F_k = Faktor keamanan.

Tanah dasar pondasi terdiri dari pasir, kerikil dan batu, supaya kontruksi DAM aman terhadap penurunan, maka harus memenuhi persyaratan:

$$\sigma_{1.2} = \frac{\Sigma V}{b^2} \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{b^2} \right) \quad \leftrightarrow$$

$$e = \frac{b^2}{2} - \frac{\Sigma M}{\Sigma V} \quad \leftrightarrow$$

$$|e| \leq \frac{b^2}{6}$$

Dimana:

$\sigma_{1.2}$ = Tegangan vertikal ujung – ujung hulu dan pondasi dam.

ΣV = Jumlah gaya – gaya vertikal (t).

ΣM = Jumlah momen (t).

E = Eksentrisitas (m).

b² = Lebar dasar DAM (m).

2.3. Analisa Keamanan terhadap Piping.

Kontrol keamanan terhadap piping dapat dilakukan dengan metode lane. Panjang lintasan air adalah jumlah lintasan vertikal ditambah 1/3 lintasan horizontal dengan rumus sebagai berikut (*volcanic Sabo Technical Centre, 1985:30*):

$$\frac{l+2 \cdot d}{\Delta h} \geq C_w$$

Dimana:

C_w = Creep line ratio.

l = Panjang Creep (m).

2. d = Bertambahnya panjang garis dengan adanya koperan.

Δh = Beda tinggi tekanan (m).

2.4. Analisis Debit Sedimen.

Gerakan massa sedimen adalah gerakan air bercampur massa sedimen

dengan konsentrasi yang sangat tinggi, di hulu sungai arus deras di daerah lereng gunung berapi. Gerakan massa sedimen ini disebut sedimen luruh (*Debris flow*). Material yang dikeluarkan dari hasil letusan yang dimulai dari puncak (kubah lava) dan dibawa oleh aliran air ketika terjadi hujan. Sedimen yang berasal dari hasil pelapukan batuan sebagian besar berupa pasir disebut pasir luruh (*Sand Flow*), dan sebagian besar berupa lumpur yang disebut lumpur luruh (*Mud flow*) (*manual Perencanaan Sabo, 2006:13*).

Check aliran sedimen.

Kriteria aliran debris:

Jika: $\tan \theta > \tan \theta_d \rightarrow$ Aliran debris

$\tan \theta < \tan \theta_d \rightarrow$ Aliran transisi debris

$$\tan \theta_d = \frac{c^*(\gamma_s - \gamma_w)}{c^*(\gamma_s - \gamma_w) + 1 + (1 + l/K)} \tan \theta$$

Dimana:

c^* = Konsentrasi sedimen dasar sungai.

γ_w = Berat isi air.

γ_s = Berat isi sedimen.

$\tan \theta$ = Kemiringan dasar sungai (I).

K = Konstanta eksperimen.

Nilai konsentrasi sedimen (Cd)

1. Aliran debris

$$cd = \frac{\gamma_w \tan \theta}{(\gamma_s - \gamma_w)(\tan \alpha - \tan \theta)}$$

2. Aliran transisi debris

$$cd = \frac{11,85 \tan \theta}{1 + (11,85 - \tan^2 \theta)}$$

Besarnya debit sedimen dapat diestimasi berdasarkan debit banjir yang diperoleh dari analisis curah hujan, dikalikan dengan konsentrasi sedimen dalam aliran

$$Q_s = (1 + Cd) \times Q_o$$

Volume sedimen dalam satu kali banjir untuk aliran debris maupun aliran hiperkonsentrasi dapat diprediksi dengan menggunakan rumus empiris sebagai berikut:

$$V_s = \frac{R_{24} \times A \times 10^3 \text{ cd}}{(1 - \lambda)(1 - cd)}$$

2.5. Kapasitas Volume Tampungan Sedimen.

Untuk menghitung volume tampungan sedimen harus didasarkan pada topografi dan tinggi efektif bangunan penahan sediment (*manual perencanaan Sabo, 2006:26*).

Dimana:

I_0 = Kemiringan sungai.

I_2 = Kemiringan seimbang kinetis.

I_1 = Kemiringan seimbang statis.

Tampungan sedimen terjadi apabila kemiringan seimbang statis sudah

terbentuk dan terjadi pada banjir yang besar. Besarnya kemiringan I_1 dan I_2 adalah sebagai berikut

$$I_1 = 2/3 I_0 \quad \leftrightarrow \quad I_2 = 3/4 I_0$$

Rumus yang dipergunakan untuk menghitung volume tampungan:

1) Volume tampungan sedimen statis

$$V_s = \frac{1}{2} \left[\frac{H^2 \cdot B}{I_0 - I_1} \right]$$

2) Volume tampungan sedimen

$$\text{dinamis } V_d = \frac{1}{2} \left[\frac{H^2 \cdot B}{I_0 - I_2} \right]$$

Dimana:

V = Kapasitas tampungan sedimen (m^3).

H = Tinggi main Dam bangunan (m).

B = Lebar sungai tempat kedudukan bangunan (m).

$$L_1 = \frac{H_{ef}}{(I_0 - I_1)} \quad \leftrightarrow \quad L_2 = \frac{H_{ef}}{(I_0 - I_2)}$$

III. PEMBAHASAN

3.1. Curah Hujan Rata-rata Harian Maksimum.

Analisa curah hujan rata-rata harian maksimum yang dihitung dengan menggunakan metode polygon thiessen.

Tabel 1 Curah Hujan rata-rata Harian maksimum

Tgl/Bln/Th	Sumberwuluh	Candipuro	Gondoroso	Curah Hujan Rerata (mm)
	0,2031	0,3727	0,4242	
09-03-99	25,1844	16,7715	9,3324	51,2883
18-10-00	32,496	36,5246	7,2114	76,232
08-11-01	22,341	33,1703	8,484	63,9953
30-12-02	17,2635	49,1964	13,5744	80,0343
04-10-03	29,4495	35,4065	54,2976	119,1536
28-05-04	35,7456	46,9602	58,5396	141,2454
17-10-05	21,3255	43,2332	131,502	196,0607
19-04-06	9,5457	68,2041	33,0876	110,8374
01-12-07	10,7643	9,6902	41,5716	62,0261
14-11-08	13,2015	14,908	77,6286	105,7363

Sumber: hasil perhitungan.

3.2. Curah hujan jam-jaman.

Besarnya curah hujan jam-jaman dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2 Curah hujan jam-jaman

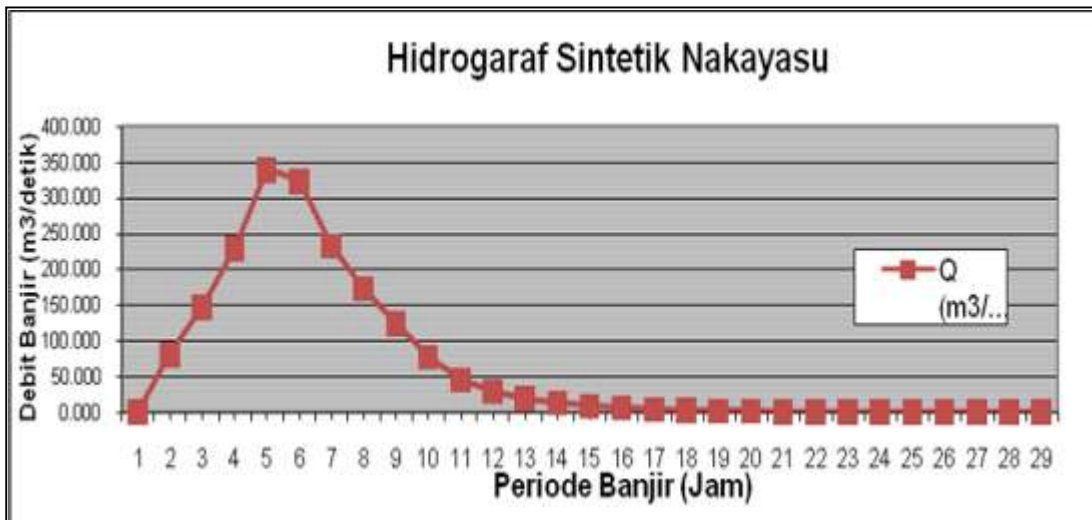
Kala ulang Tr (tahun)	C	CH Rencana (Xt)	CH Efektif (re)	Curah Hujan jam – jaman				
				0,5850	0,1510	0,1070	0,0850	0,0720
2	0,75	95,962	71,972	42,104	10,868	7,701	6,118	4,182
5	0,75	118,878	89,159	52,158	13,463	9,540	7,579	6,419
10	0,75	170,726	128,659	75,266	19,428	13,767	10,766	9,264
25	0,75	187,845	140,884	82,417	21,273	15,075	11,975	10,144
50	0,75	193,509	145,132	84,902	21,915	15,529	12,336	10,449

Sumber : hasil perhitungan

3.3. Analisis Hidrograf Banjir

Rencana

Untuk menganalisa banjir rencana dibuat hidrograf banjir. Dalam hal ini Hidrograf banjir pada DPS kali Regoyo dihitung dengan menggunakan Metode HSS Nakayasu.



Gambar 1 Hidrogaraf Sintetik Nakayasu

3.4. Perencanaan bangunan drempel kantong pasir.

Pada perencanaan bangunan pengendali sedimen di daerah pegunungan seringkali pondasi ditempatkan pada kondisi mengapung. Panjang sungai 7 km dan Lebar sungai 150 m. Dengan melihat kondisi pondasi yang mengapung, maka tinggi bangunan utama 6,5 m. Jenis material hasil letusan yang berupa pasir, kerikil dan batuan, maka tebal mercu main dam direncanakan sebesar 4,0 m sesuai dengan ketentuan.

$$Q_{renc} = Q_t + Q_{sedimen} \rightarrow Q_{sedimen} = (5 - 10) \% \times Q_t (340,378 \text{ m}^3/\text{dtk})$$

$$Q_{sedimen} = 0,05 \times 340,378 = 17,019 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$Q_{renc} = 17,019 + 340,378 = 357,397 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Dengan mengacu pada rumus lebar dasar peluap harga C menurut teori

Regine dengan luas daerah aliran 31,03 km², maka harga C diambil 5:

$$B = C \times Q_{renc}^{1/2} \rightarrow B = 5 \times 357,397^{1/2} = 94,525 \text{ m}$$

Jadi pada kantong pasir ini lebar dasar peluap direncanakan 100 m. Hal ini untuk mengurangi bahaya gerusan (scouring) yang akan merusak tebing. Untuk menentukan tinggi muka air diatas peluap dapat digunakan rumus debit yang melalui peluap.

$$B = 100 \text{ m}$$

$$Q_{renc} = 357,397 \text{ m}^3/\text{dtk} \rightarrow$$

$$Q_{renc} = (0,71h_3 + 1,77 \times B)h_3^{3/2}$$

$$357,397 = 0,71 \cdot h_3^{5/2} + 177 \cdot h_3^{3/2}$$

Dengan cara coba-coba maka didapat nilai h₃ = 1,524 m, sehingga tinggi muka air diatas peluap adalah 1,524 m.

Menentukan tinggi jagaan dengan Q_{renc} = 357,397 m³/det, maka tinggi jagaan didapat sebesar 1,2 m.

Berdasarkan tinggi muka air dan tinggi

jagaan maka tinggi peluap dapat dihitung (*lampiran gambar 2*).

$$h_s = h_3 + \Delta h = 1,524 + 1,2$$

$$h_s = 2,724 \text{ m}$$

3.5. Perencanaan penampang main dam

Kemiringan tubuh main Dam pada bagian hilir direncanakan 1 : 0,2 dengan maksud untuk menghindari batu – batu besar yang jatuh dari peluap memukul bagian hilir. Kemiringan tubuh main dam pada bagian hulu dengan mengambil harga $n = 0,2$ untuk menghitung besarnya kemiringan (m) bagian hulu direncanakan 1: 0,9.

perencanaan drempel kantong pasir ini lebar mercu sayap dibuat sama dengan lebar mercu peluap main dam yaitu 4 m (*Tata Cara Perencanaan Teknik Bendung Penahan Sedimen*).

3.6. Analisis penampang sub main dam

Sub dan lantai (Apron) dimaksudkan untuk mencegah pondasi bangunan utama (main dam) dan dasar sungai di hilir dari gerusan (scouring) dan penurunan yang disebabkan oleh terjunan air dan sedimen.

1. Menentukan debit air per meter

$$\text{lebar } q_0 = \frac{Q}{B} = 3,574 \text{ m}^2/\text{dt.}$$

2. Menghitung Vair diatas peluap $V_0 =$

$$\frac{q_0}{h_3} = 2,314 \text{ m}^2/\text{dt.}$$

3. Menghitung Vair pada titik jatuh

$$\text{terjunan } V_1 = \sqrt{2g(H_1 + h_3)} = 14,546 \text{ m/dt.}$$

4. Menentukan tinggi air pada titik

$$\text{jatuhnya terjunan } y_1 = \frac{q_0}{V_1} = 0,246 \text{ m}$$

5. Menentukan angka froude dari

$$\text{aliran pada titik jatuh } Fr = \frac{V_1}{\sqrt{g y_1}} = 9,360$$

6. Menentukan tinggi air dari permukaan lantai (Apron) sampai tinggi air di atas mercu sub dam dengan persamaan.

$$y_2 = \frac{y_1}{2} [\sqrt{1 + 8Fr^2} - 1] = 3,136 \text{ m}$$

$$\rightarrow H_j = y_2 - y_1 = 3,136 - 0,246 = 2,89 \text{ m}$$

Letak sub dam adalah jarak antara bangunan utama (main dam) dan sub dam yang ditentukan dengan $L = 20$. Dalam perencanaan ini dimana sering terjadi aliran debris, maka tebal lantai direncanakan 1,5 m (*Lampiran Gambar 2*).

3.7. Analisis keamanan terhadap bahaya piping

Perhitungan keamanan terhadap bahaya piping menggunakan metode Lanc dengan rumus sebagai berikut:

1. Pada kondisi normal $CL = 3,51 \geq 3$
..... (Aman)
2. Pada kondisi Banjir $CL = 3,58 \geq 3$
..... (Aman)

3.8.Kontrol Stabilitas Kontruksi main dam

Untuk $F_k = 3$, maka daya dukung tanah yang diijinkan adalah $q_a = 131,064 \text{ t/m}^2$
Kontrol Pada kondisi Normal.

- Stabilitas terhadap guling $S_f = 7,369 \geq 1,5$ (Aman)
- Stabilitas terhadap geser $S_f = 1,734 \geq 1,2$ (Aman)
- Stabilitas terhadap gaya dukung tanah
 $\sigma_1 = 17,319 \text{ t/m}^2 < q_a = 131,064 \text{ t/m}^2$
 $\sigma_2 = 10,820 \text{ t/m}^2 < q_a = 131,064 \text{ t/m}^2$

Kontrol Pada Kondisi Banjir (Debris Flow).

- Stabilitas terhadap guling $S_f = 6,035 \geq 1,5$ (Aman)
- Stabilitas terhadap geser $S_f = 1,734 \geq 1,2$ (Aman)
- Stabilitas terhadap daya dukung tanah
 $\sigma_1 = 19,997 \text{ t/m}^2 < q_a = 131,064 \text{ t/m}^2$
 $\sigma_2 = 9,153 \text{ t/m}^2 < q_a = 131,064 \text{ t/m}^2$

Kontrol Pada Kondisi Gempa.

- Stabilitas terhadap guling $S_f = 4,167 \geq 1,1$ (Aman)
- Stabilitas terhadap geser $S_f = 1,252 \geq 1,1$ (Aman)
- Stabilitas terhadap daya dukung tanah
 $\sigma_1 = 22,018 \text{ t/m}^2 < q_a = 131,064 \text{ t/m}^2$
 $\sigma_2 = 6,120 \text{ t/m}^2 < q_a = 131,064 \text{ t/m}^2$

3.9.Kontrol Stabilitas Kontruksi sub dam

Untuk $F_k = 3$, maka daya dukung tanah yang diijinkan adalah $q_a = 65,444 \text{ t/m}^2$
Kontrol Pada Kondisi Normal

- Stabilitas terhadap guling $S_f = 18,887 \geq 1,5$ (Aman)
- Stabilitas terhadap geser $S_f = 9,043 \geq 1,2$ (Aman)
- Stabilitas terhadap gaya dukung tanah
 $\sigma_1 = 9,203 \text{ t/m}^2 < q_a = 65,444 \text{ t/m}^2$
 $\sigma_2 = 5,749 \text{ t/m}^2 < q_a = 65,444 \text{ t/m}^2$

Kontrol Pada Kondisi banjir (debris flow).

- Stabilitas terhadap guling $S_f = 18,491 \geq 1,5$ (Aman)
- Stabilitas terhadap geser $S_f = 9,273 \geq 1,5$ (Aman)
- Stabilitas terhadap gaya dukung tanah
 $\sigma_1 = 13,263 \text{ t/m}^2 < q_a = 65,444 \text{ t/m}^2$
 $\sigma_2 = 2,313 \text{ t/m}^2 < q_a = 65,444 \text{ t/m}^2$

Kontrol Pada Kondisi Gempa.

- Stabilitas terhadap guling $S_f = 5,037 \geq 1,1$ (Aman)
- Stabilitas terhadap geser $S_f = 1,734 \geq 1,1$ (Aman)
- Stabilitas terhadap gaya dukung tanah
 $\sigma_1 = 14,786 \text{ t/m}^2 < q_a = 65,444 \text{ t/m}^2$
 $\sigma_2 = 0,172 \text{ t/m}^2 < q_a = 65,444 \text{ t/m}^2$

3.10. Analisa Pengangkutan Sedimen.

Menghitung daya tampung sedimen untuk mencari kemiringan seimbang statis dan kemiringan seimbang kinetik (*lampiran gambar 3*).

1. Mencari kemiringan seimbang statis

(I_1) sesuai dengan persamaan

$$I_1 = 2/3 I_0 \rightarrow I_1 = 2/3 \cdot 0,02086 = 0,0139$$

2. Mencari kemiringan seimbang kinetik (I_2) sesuai dengan persamaan

$$I_2 = 3/4 I_0 \rightarrow I_2 = 3/4 \cdot 0,02086 = 0,0156$$

3.11. Menghitung Volume tampungan

1. Estimasi daya tampung sedimen tetap / volume tampungan sedimen statis
 $V_s = 364.224,138$
2. Estimasi daya tampung sedimen keseluruhan / volume tampungan sedimen dinamis $V_d = 481.939,164$
3. Estimasi daya tampung sedimen yang harus diatur adalah daya tampung secara keseluruhan (V_d) dikurangi jumlah daya tampung tetap (V_s).
 $V = 117.715,026 \text{ m}^3$
4. Jarak pengaruh endapan yang dimaksud jarak pengendapan sedimen adalah jarak endapan di hulu drempel dari muka drempel (L).

$$L_1 = 933,908 \text{ m} \rightarrow L_2 = 1235,742 \text{ m (lampiran gambar 3)}.$$

IV. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan analisis di atas, maka dapat dikemukakan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari analisa hidrologi pada daerah pengaliran sungai regoyo diperoleh debit banjir rencana dengan kala ulang $50^{\text{th}} = 340,378 \text{ m}^3/\text{dt}$.
2. Besarnya laju pengangkutan sedimen $Q_s = 347,186 \text{ m}^3/\text{dt}$, Volume sedimen dalam 1x banjir $V_s = 225.341,782 \text{ m}^3$, V_o sedimen statis = $910.560,345 \text{ m}^3$, V_o sedimen dinamis = $1.204.847,909 \text{ m}^3$, V_o sedimen yang harus diatur = $294.287,564 \text{ m}^3$
3. Besarnya data teknis dimensi drempel kantong pasir kali regoyo dari hasil perhitungan dengan tinggi main dam 6,5 m, lebar mercu main dam 4 m, lebar dasar peluap 100 m, tinggi jagaan 1,2 m, tinggi sayap 2,724 m, tinggi sub dam 3,34 m, panjang lantai (Apron) 25 m, tebal lantai (Apron) 1,5 m, lebar mercu sub dam 3 m.
4. Hasil analisis stabilitas konstruksi seperti pada tabel berikut:

Stabilitas	Normal	Banjir	Gempa
Guling	7,369	6,035	4,167
Geser	1,734	1,734	1,252
Daya dukung tanah	$\sigma = 17,319$	$\sigma = 19,997$	$\sigma = 22,018$
	$\sigma = 10,820$	$\sigma = 9,153$	$\sigma = 6,120$

Sumber : Hasil perhitungan

Stabilitas	Normal	Banjir	Gempa
Guling	18,887	18,491	5,031
Geser	9,043	9,273	1,7334
Daya dukung tanah	$\sigma = 9,203$	$\sigma = 13,263$	$\sigma = 14,786$
	$\sigma = 5,749$	$\sigma = 2,313$	$\sigma = 0,712$

Sumber : Hasil perhitungan

4.2. Saran

1. Melihat begitu kompleksnya permasalahan sedimen dan perilakunya, maka penanggulangan terhadap kemungkinan terjadinya banjir lahar di daerah kali regoyo harus memperhatikan kondisi dan perilaku sedimen yang ada.
2. Perencanaan bangunan pengatur aliran sedimen hendaknya dibangun dengan memperhatikan keberadaan bangunan yang lain. Selain itu juga harus diperhatikan akibat yang ditimbulkan oleh adanya perubahan kemiringan status dan dinamis.
3. Sebaiknya mengadakan checking serta pekerjaan perawatan harus selalu diadakan setiap kali terjadi peristiwa yang membahayakan

V. DAFTAR PUSTAKA

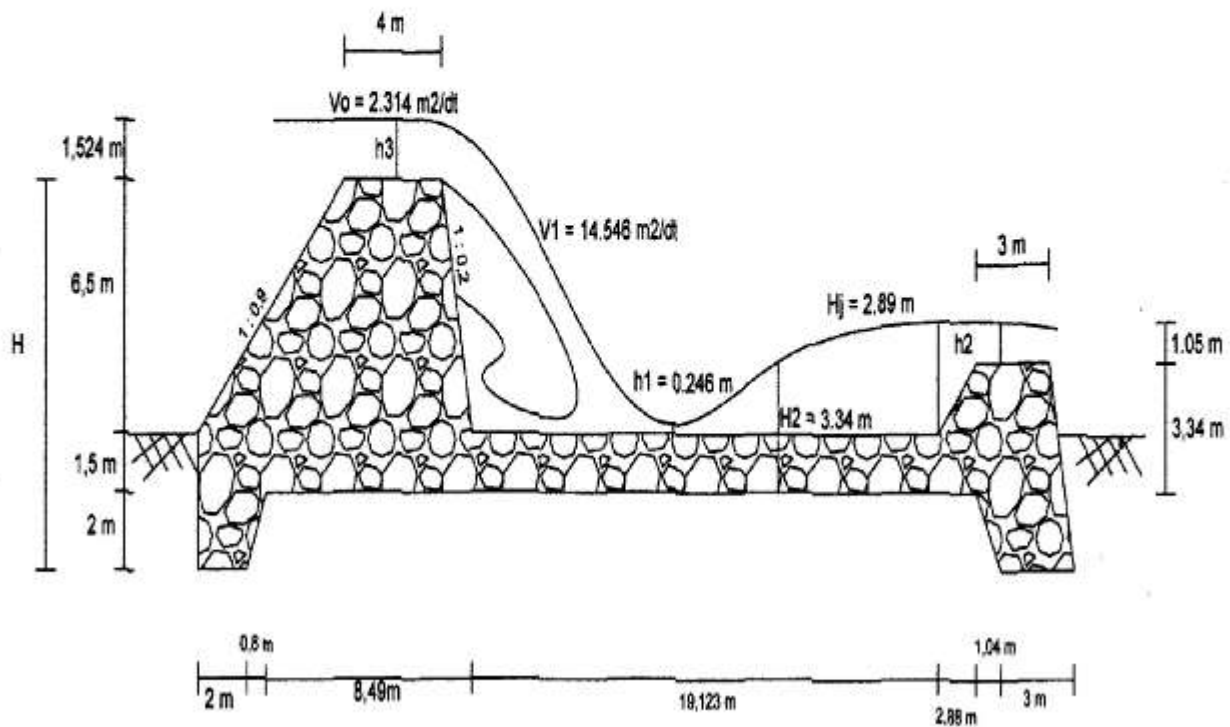
- Joesron Loebis Ir, M.Eng, 1986, **Banjir Rencana untuk Bangunan Air**, Departemen Pekerjaan Umum.
- Priyantoro, Dwi, 1987, **Teknik Pengangkutan Sedimen**, Fakultas Teknik Jurusan Pengairan Universitas Brawijaya Malang.
- Proyek Pengembangan dan Rekayasa SABO, 2000, **Draft Manual Perencanaan Sabo**, Departemen Permukiman dan Pengembangan Wilayah Direktorat Jenderal Pengembangan Perdesaan.
- Proyek Pengembangan dan Rekayasa SABO, 2000, **Contoh Aplikasi Perencanaan SABO**, Departemen Permukiman dan Pengembangan Wilayah Direktorat Jenderal Pengembangan Perdesaan.
- SK SNI – T – 19 – 1991 - 03, **Tata Cara Perencanaan Teknik Bendung Penahan Sedimen**, Departemen Pekerjaan Umum (SK SNI T).
- Soemarto, CD, 1986, **Hidrologi Teknik**, Surabaya, Penerbit : Usaha Nasional.
- Soemarto, CD, 1995, **Hidrologi Teknik**, Edisi ke-2, Jakarta, Penerbit : Erlangga.

Soewarno, 1995, *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*, Jilid I, Bandung, Penerbit : Nova.

Sosrodarsono, Suyono dan Kensaku Takeda, 1976, *Hidrologi untuk Pengairan*, Jakarta, Penerbit : PT. Prima Karya Utama

Lampiran

GAMBAR 2 BENDUNG RENCANA PADA KONDISI BANJIR
SKALA 1:200



Gambar 3 Tampang sedimen

