

SIMULASI KESTABILAN KONSOLIDASI-DAM DI HILIR SYPHON LEMURUNG KALI KONTO TERHADAP FUNGSI BEBAN STATIS DAN DINAMIS

Ahmad Na'im Musyafiq, Wasis Wardoyo dan Danayanti Azmi Dewi Nusantara
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
E-mail : w4515wardoyo@gmail.com , azmidewi@gmail.com

Abstrak— Gunung Kelud yang berada di wilayah Kabupaten Kediri Jawa Timur. Pasca erupsi pada awal tahun 2014, Gunung Kelud menyisakan sejumlah material vulkanik yang masih tertahan di lereng gunung berupa abu, pasir, pasir dan kerikil. Material tersebut apabila bercampur dengan air akan membentuk suatu aliran yang disebut lahar dingin. Bangunan konsolidasi dam di hilir syphon lemurung merupakan salah satu upaya menghindari bencana yang diakibatkan oleh bahaya aliran lahar Gunung Kelud yang melewati aliran Kali Konto.

Dari hasil analisa didapatkan kapasitas volume tampungan sedimen maksimum konsolidasi dam syphon lemurung adalah 30926,25 m³. Laju sedimen pada kali konto adalah 67,1875 m³/hari. Waktu untuk memenuhi tampungan sedimen adalah 460 hari. Dari hasil simulasi kestabilan diketahui semakin tinggi massa jenis material (W) maka semakin rendah kestabilan bangunan. Syarat kestabilan mempengaruhi ketinggian tampungan sedimen pada kondisi kritis. Dari hasil simulasi rasio kelangsingan didapatkan dimensi rencana yang memenuhi syarat kestabilan adalah tinggi dam (h1) = 1m - 5m dan lebar dam (b) = 8m - 10m. Sehingga dimensi eksisting konsolidasi dam syphon lemurung merupakan dimensi yang sudah efektif.

Kata Kunci : kestabilan, konsolidasi dam, simulasi

I. PENDAHULUAN

Gunung Kelud yang berada di wilayah Kabupaten Kediri Jawa Timur merupakan salah satu gunung api yang masih aktif. Gunung Kelud mengalami letusan terakhir pada awal tahun 2014. Pasca erupsi, Gunung Kelud menyisakan sejumlah material vulkanik yang masih tertahan di lereng gunung berupa abu, pasir, dan kerikil. Material tersebut apabila bercampur dengan air akan membentuk suatu aliran yang disebut lahar dingin. Curah hujan dan kondisi lereng yang relatif terjal dapat menimbulkan aliran lahar yang memiliki daya rusak tinggi. Untuk mengurangi dampak negatif tersebut, perlu dibuat suatu bangunan pengendali sedimen yang diletakkan pada sungai-sungai yang berpotensi dilalui aliran lahar dingin. Ada beberapa macam bangunan pengendali antara lain check dam, konsolidasi dam, tanggul pengarah, dan kantong pasir. Jenis bangunan pengendali sedimen dibangun sesuai karakteristik dari lokasi aliran sungai.

Bangunan konsolidasi dam yang berada di hilir Syphon Lemurung merupakan salah satu upaya menghindari bencana yang diakibatkan oleh bahaya aliran lahar Gunung Kelud yang melewati aliran Kali Konto. Bangunan konsolidasi dam Syphon Lemurung terletak di Desa Brumbung, melintasi Kali Konto. Konsolidasi dam ini memiliki fungsi utama untuk melindungi bangunan Syphon Lemurung. Bangunan syphon

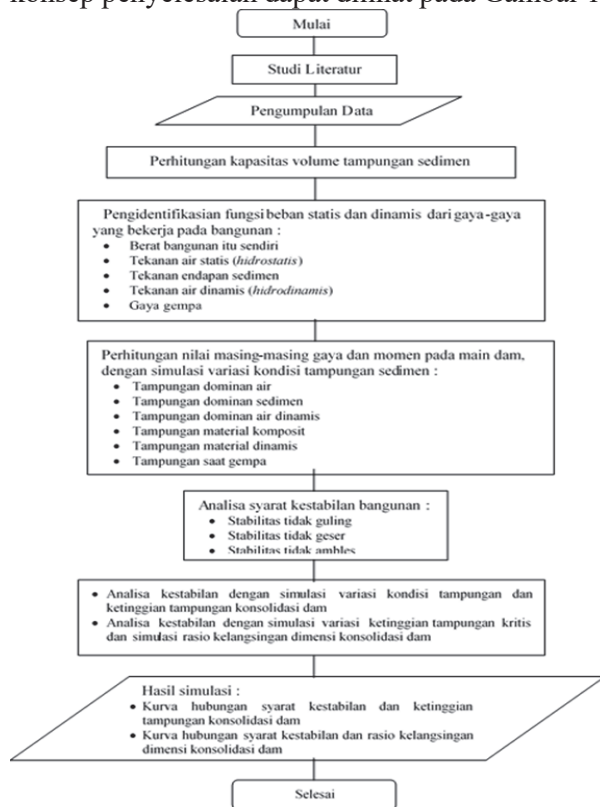
mengalirkan air dari Waduk Siman guna menyuplai kebutuhan air lahan pertanian di Kabupaten Jombang seluas 18.800 Ha.

Selama ini masih sedikit studi dan tinjauan mengenai pengaruh kondisi tampungan terhadap kestabilan bangunan konsolidasi dam. Diperlukan sebuah studi terkait pengaruh variasi kondisi tampungan sedimen terhadap kestabilan dan faktor keamanan. Studi ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas dari bangunan konsolidasi dam Syphon Lemurung terhadap kapasitas desain perencanaan sehingga tetap memenuhi syarat kestabilan. Dilakukan suatu simulasi dengan variasi kondisi dan ketinggian tampungan sedimen. Hasil yang diharapkan dapat diketahui prediksi kapan terjadinya ketidakstabilan bangunan apabila terjadi kondisi kritis pada tampungan konsolidasi dam. Selain itu juga didapat perencanaan dimensi efektif pada konsolidasi dam Syphon Lemurung.

II. METODOLOGI

Konsep penyelesaian yang dipakai dalam penulisan artikel ini adalah untuk menghitung dan menganalisa tampungan sedimen konsolidasi dam Syphon Lemurung, melakukan simulasi perhitungan kestabilan konsolidasi dam akibat pengaruh beban statis dan dinamis, serta melakukan simulasi kelangsingan dimensi

konsolidasi dam yang paling efektif. Urutan konsep penyelesaian dapat dilihat pada Gambar 1.



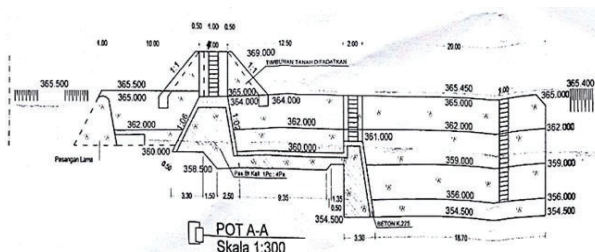
Gambar 1. Diagram Alur Metodologi

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Perencanaan Konsolidasi Dam Syphon Lemurung

Konsolidasi dam ini merupakan salah satu dam pengaman tipe *concrete gravity* dam dengan jenis konstruksi tertutup.

Detail potongan memanjang *main dam* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Detail potongan memanjang main dam
(Sumber : PPK Pengendalian Lahar Gunung Kelud Kediri)

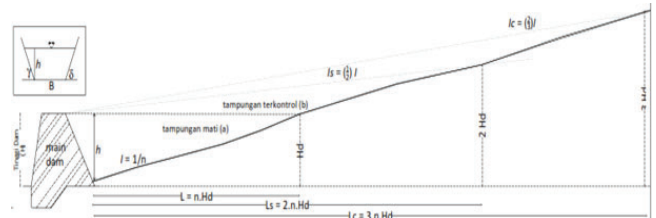
Data teknis konsolidasi dam syphon lemurung di Kali Konto dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1: Data Teknis Konsolidasi Dam Syphon Lemurung di Kali Konto

Nama Sungai	Kali Konto
Nama Bangunan	Konsolidasi Dam Syphon Lemurung Siman
Lokasi Bangunan	Ds. Brumbung, Kec. Kepung, Kab. Kediri.
Tahun dibangun	2011
Data - data Teknik	
Main dam	
Elevasi Pelimpah	+ 365,000
Lebar Pelimpah	40,00
Tebal Main Dam	4,00
Panjang tubuh dam	60,00
Tinggi tubuh Dam	5,00
Jumlah Dripe Hole	-
Kemiringan tubuh Dam	
Bagian Hulu	1 : 0,6
Bagian Hilir	1 : 0,2
Apron Main Dam.	
Elevasi Apron	+ 369,000
Panjang Apron	14,00
Lebar Apron	75,00
Tebal apron	4,00
Sub Dam	
Elevasi Pelimpah	+ 361,000
Lebar Pelimpah	40,00
Tebal Sub Dam I	2,00
Panjang tubuh dam	56,00
Tinggi tubuh dam	5,00
Kemiringan tubuh Dam	
Bagian Hulu	Tegak
Bagian Hilir	1 : 0,2

B. Analisa Volume Tampungan Sedimen

Analisa kapasitas volume tampungan sedimen diukur sesuai tinggi efektif konsolidasi dam. Batas akhir pengukuran adalah tinggi maksimum mercu dam $H = 5$ m. Sketsa analisa kapasitas tampungan sedimen dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Analisa kapasitas tampungan sedimen

$$\text{Volume} = \frac{1}{2} \times H \times L \left(B + \frac{1}{3} (\cot \gamma + \cot \delta) H \right) \dots \dots \dots (1)$$

Data perencanaan :

- H = 5 m
- B = 40 m
- I = 0,05 → n = 1/I = 1/0,05 = 20
- L = 3.n.H = 3.20.5 = 300 m
- β = 30°
- γ, δ = 45°

$$V = \frac{1}{2} \times 5 \times 300 \left(40 + \frac{1}{3} (\cot 45^\circ + \cot 45^\circ) 5 \right)$$

$$V = 750 \left(40 + \frac{1}{3} (\cot 45^\circ + \cot 45^\circ) 5 \right)$$

$$V = 750 \times 41,235$$

$$V = 30926,25 \text{ m}^3$$

Volume kapasitas tampungan sedimen pada saat batas ketinggian mercu maksimum adalah 30926,25 m³.

C. Analisa Laju Sedimentasi

Analisa laju sedimen dihitung untuk mengetahui debit aliran sedimen yang masuk ke tampungan konsolidasi dam. Debit aliran sedimen didapat dengan menggunakan Rumus Meyer-Peter & Muller (Yang, 1996). Perumusan ini dipilih karena hasil yang diberikan mendekati dengan kondisi dilapangan, yakni daerah sungai dengan dasar berpasir. Rumus ini antara lain diterapkan oleh Liu (2001).

Diketahui data dari lapangan sebagai berikut :

Grain Zise Butiran,

$$D_{90} = 0,6 \text{ mm} = 0,0006 \text{ m}$$

$$D_{50} = 0,3 \text{ mm} = 0,0003 \text{ m}$$

$$D_{35} = 0,2 \text{ mm} = 0,0002 \text{ m}$$

$$\text{Luas penampang (A)} = 5,96 \text{ m}^2$$

$$\text{Kedalaman (h)} = 0,45 \text{ m}$$

$$\text{Lebar saluran (B)} = 12,5 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan saluran} = 0,005$$

$$\text{Keliling besar (P)} = 25,61 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan aliran (V)} = 1,45 \text{ m/dtk}$$

$$\text{Berat jenis air } (\rho_w) = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Diasumsikan : } g = 9,81$$

$$\Delta = 1,65$$

$$\varepsilon = 0,4$$

Berdasarkan perumusan laju sedimen didapat hasil sebagai berikut :

$$\tau_b = \frac{1}{2} \cdot 1000 \left(\frac{0,06}{\left(\log \left(\frac{12 \cdot 0,45}{2,5 \cdot 0,0003} \right) \right)^2} \right) 1,0^2 = 2,0163$$

$$\theta_b = \frac{2,0163}{(2650 - 1000) \cdot 9,81 \cdot 0,0003} = 0,415$$

$$q_b = 8,0 \cdot [(2,65 - 1) \cdot 9,81]^{0,5} \cdot 0,0003^{1,5} \cdot (1,0 \cdot 0,415 - 0,047)^{1,5}$$

$$q_b = 8,0 \times 4,0232 \times 0,000005196 \times 0,2232 = 0,0000373 \text{ m}^3/\text{sec/m}$$

$$q_b = 0,00003733 \times 60 \times 60 \times 24 = 3,225 \text{ m}^3/\text{hari/m}$$

$$q_b = \frac{1}{1-\varepsilon} \cdot q_b \cdot B$$

$$q_b = \frac{1}{1-0,4} \cdot 3,225 \cdot 12,5 = 67,1875 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Sehingga waktu yang diperlukan untuk memenuhi tampungan sedimen konsolidasi dam adalah:

$$t = \frac{\text{volume tampungan sedimen maksimum}}{qb}$$

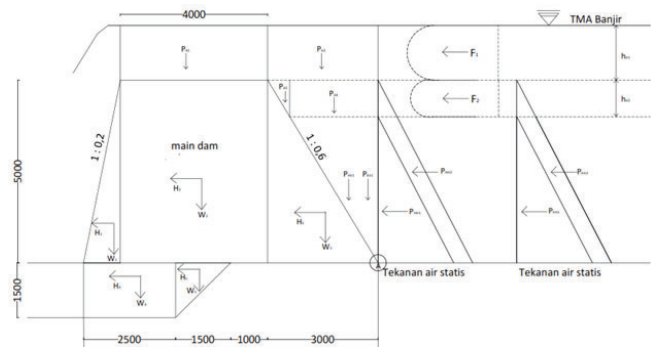
$$t = \frac{30926,25}{67,1875} = 460,3 \approx 460 \text{ hari}$$

D. Analisa kontrol Stabilitas Konsolidasi Dam

Gaya-gaya yang bekerja yang bekerja pada simulasi kestabilan antara lain beban mati, tekanan air statis, tekanan sedimen, tekanan air dinamis, dan beban gempa. Pada analisa kestabilan dilakukan variasi terhadap massa jenis material, ketinggian material, dan kombinasi antara keduanya.

Analisa kontrol stabilitas harus memenuhi syarat kestabilan yakni stabilitas tidak guling, stabilitas tidak geser, dan stabilitas tidak ambles. Perumusan dan persyaratan analisa kestabilan telah dicantumkan pada bab tinjauan pustaka. Hasil analisa kestabilan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

Diagram bidang gaya pada simulasi kestabilan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Bidang Gaya Pada Simulasi Kestabilan

Pembagian bidang gaya dan momen beserta perumusannya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2: Pembagian Bidang Gaya dan Momen Beserta Perumusannya

No.	Tekanan	Notasi	Rumus Gaya	Gaya H (guling) (t)	Gaya V (tahanan) (t)	Rumus Lengan (m)	Lengan (L) (m)	Momen H (Guling) (tm)	Momen V (Tahan) (tm)
				(a)	(a)		(b)	(a) x (b)	(a) x (b)
1	Beban mati	W1 ↓	$W1 = 0,50 \cdot W_w \cdot m \cdot h_1^2$			$L_{W1} = n \cdot h_1 + b_1 + 0,33 \cdot m \cdot h_1$			
		W2 ↓	$W2 = W_w \cdot b_1 \cdot h_1$			$L_{W2} = n \cdot h_1 + 0,50 \cdot b_1$			
		W3 ↓	$W3 = 0,50 \cdot W_w \cdot n \cdot h_1^2$			$L_{W3} = 0,67 \cdot n \cdot h_1$			
		W4 ↓	$W4 = W_w \cdot b_2 \cdot h_2$			$L_{W4} = 4 + 1 \cdot h_2 + 0,5 \cdot b_2$			
		W5 ↓	$W5 = 0,50 \cdot W_w \cdot 1 \cdot h_2^2$			$L_{W5} = 4 + 0,67 \cdot h_2$			
2	Tekanan air statis	P1 ↓	$P1 = 0,50 \cdot W_w \cdot n \cdot h_w^2$			$L_{P1} = 0,33 \cdot n \cdot h_w$			
		P2 →	$P2 = 0,5 \cdot W_w \cdot h_w^2$			$L_{P2} = 0,33 \cdot h_w$			
		P3 ↓	$P3 = W_w \cdot n \cdot h_w \cdot h_f$			$L_{P3} = 0,5 \cdot n \cdot h_1$			
		P4 ↓	$P4 = W_w \cdot b_1 \cdot h_f$			$L_{P4} = n \cdot h_1 + 0,5 \cdot b_1$			
		P5 →	$P5 = W_w \cdot h_f \cdot h_1$			$L_{P5} = 0,5 \cdot (h_w + h_f)$			
3	Tekanan sedimen	P1 ↓	$P1 = 0,50 \cdot W_s \cdot n \cdot h_s^2$			$L_{P1} = 0,33 \cdot n \cdot h_s$			
		P2 →	$P2 = 0,5 \cdot W_s \cdot h_s^2$			$L_{P2} = 0,33 \cdot h_s$			
		P3 ↓	$P3 = W_s \cdot n \cdot h_s \cdot h_f$			$L_{P3} = 0,5 \cdot n \cdot h_1$			
		P4 ↓	$P4 = W_s \cdot b_1 \cdot h_f$			$L_{P4} = n \cdot h_1 + 0,5 \cdot b_1$			
		P5 →	$P5 = W_s \cdot h_f \cdot h_1$			$L_{P5} = 0,5 \cdot (h_s + h_f)$			
4	Tekanan air aliran debris	P1 ↓	$P1 = 0,5 \cdot W_{wd} \cdot n \cdot h_d^2$			$L_{P1} = 0,33 \cdot n \cdot h_d$			
		P2 ↓	$P2 = W_{wd} \cdot n \cdot h_1 \cdot h_f$			$L_{P2} = 0,5 \cdot n \cdot h_1$			
		P3 ↓	$P3 = W_{wd} \cdot b_1 \cdot h_f$			$L_{P3} = n \cdot h_1 + 0,5 \cdot b_1$			
		P4 →	$P4 = (W_{wd} / g) \cdot (h_d + h_f) \cdot V_d^2$			$L_{P4} = 0,5 \cdot (h_d + h_f)$			
5	Beban Gempa	H1 ←	$H1 = K \cdot W1$			$L_{H1} = n \cdot h_1 + b_1 + 0,33 \cdot m \cdot h_1$			
		H2 ←	$H2 = K \cdot W2$			$L_{H2} = n \cdot h_1 + 0,50 \cdot b_1$			
		H3 ←	$H3 = K \cdot W3$			$L_{H3} = 0,67 \cdot n \cdot h_1$			
		H4 ←	$H4 = K \cdot W4$			$L_{H4} = 4 + 1 \cdot h_2 + 0,5 \cdot b_2$			
		H5 ←	$H5 = K \cdot W5$			$L_{H5} = 4 + 0,67 \cdot h_2$			
		TOTAL				TOTAL			
		Σg_{gpp}				Σg_{gpp}			

Analisa kontrol stabilitas harus memenuhi syarat kestabilan yakni stabilitas tidak guling, stabilitas tidak geser, dan stabilitas tidak ambles. Syarat perhitungan kestabilan sebagai berikut

- Stabilitas Tidak Guling

$$\text{Syarat kestabilan} : e = \left(\frac{B}{2} - \frac{MV - MH}{FV} \right) < \frac{B}{6}$$

- Stabilitas Tidak Geser

$$\text{Syarat kestabilan} : SF = f \times \frac{FV}{FH} \geq 1,2$$

- Stabilitas Tidak Ambles

Syarat kestabilan :

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 + \frac{e}{B} \right) \leq qa$$

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 - \frac{e}{B} \right) > 0$$

E. Simulasi Kestabilan dengan Variasi Kondisi Tampungan

Simulasi kestabilan dilakukan dengan variasi kondisi tampungan. Kondisi tampungan yang berbeda akan menghasilkan fungsi beban statis dan dinamis pada tubuh konsolidasi dam. Pada analisa ini ditentukan 6 kondisi tampungan sedimen, antara lain :

- Kondisi tampungan dominan air (*hidrostatik*)
Pada kondisi ini, disimulasikan tampungan berisi air (*hidrostatik*) dengan variasi massa jenis tertentu.
- Kondisi tampungan dominan sedimen
Pada kondisi ini, disimulasikan tampungan berisi sedimen dengan konsentrasi tertentu.
- Kondisi tampungan dominan air dinamis (*hidrodinamis*)
Pada kondisi ini, disimulasikan tampungan berisi air dinamis (*hidrodinamis*) dengan variasi massa jenis dan kecepatan aliran tertentu.
- Kondisi tampungan material komposit

Pada kondisi ini, disimulasikan tampungan berisi kombinasi material air (*hidrostatik*) dan sedimen. Dilakukan simulasi variasi ketinggian dan masa jenis material yang disesuaikan dengan kondisi yang mungkin terjadi di lapangan.

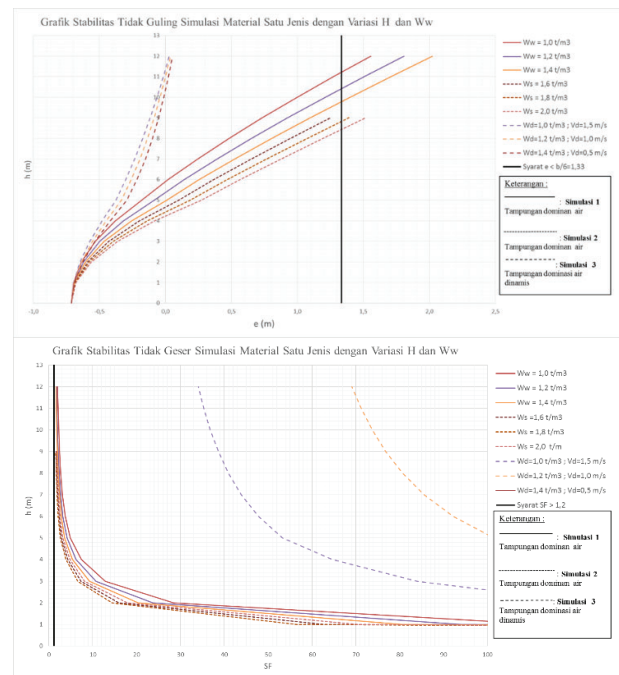
- Kondisi tampungan material dinamis

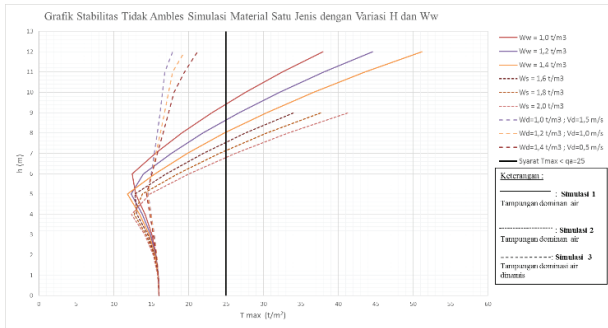
Pada kondisi ini, disimulasikan tampungan berisi kombinasi material air dinamis (*hidrodinamis*) dan sedimen. Dilakukan simulasi variasi ketinggian dan masa jenis material yang disesuaikan dengan kondisi yang mungkin terjadi di lapangan.

- Kondisi tampungan saat gempa

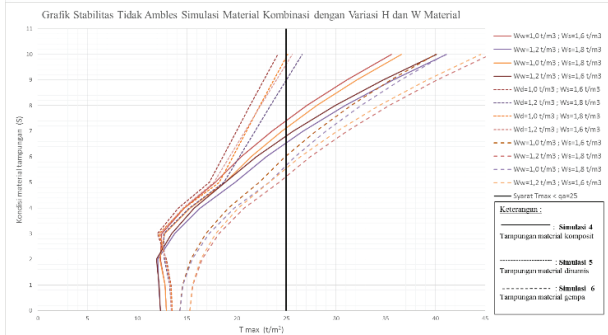
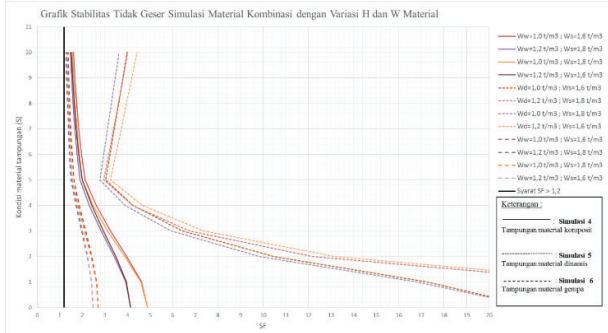
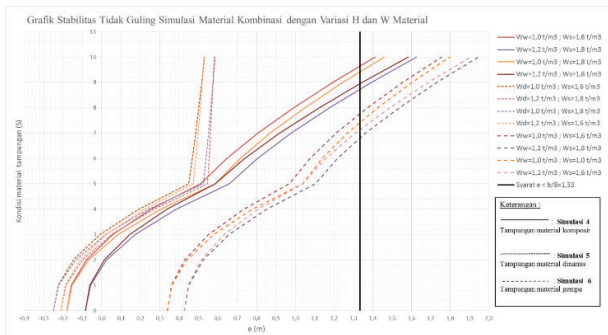
Pada kondisi ini, disimulasikan pada kondisi material komposit dan ditambah kondisi gempa dengan faktor gempa yang telah disesuaikan dengan kondisi di lapangan.

Dari hasil analisa kestabilan ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan syarat kestabilan dengan ketinggian tampungan kritis. Sehingga diketahui prediksi kapan terjadi ketidakstabilan struktur pada kondisi tampungan tertentu. Pada Gambar 6 dan Gambar 7 ditampilkan grafik hubungan stabilitas dengan simulasi variasi kondisi tampungan.





Gambar 6. Grafik Hubungan Syarat Kestabilan Tidak Guling, Tidak Geser Dan Tidak Ambles Dengan Ketinggian Tampungan Sedimen Pada Simulasi Kestabilan Variasi Kondisi Tampungan Material Satu Jenis



Gambar 7. Grafik Hubungan Syarat Kestabilan Tidak Guling, Tidak Geser Dan Tidak Ambles Dengan Ketinggian Kombinasi Material Tampungan Sedimen Pada Simulasi Kestabilan Variasi Kondisi Tampungan Material Komposit

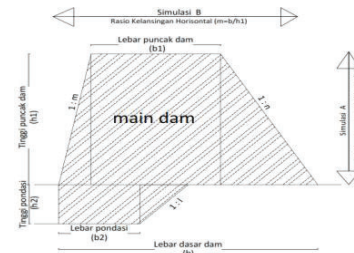
Dari perhitungan dan analisa kestabilan di dapat ketinggian kritis tiap kondisi tampungan (tabel 5). Pada kondisi kritis terjadi ketidakstabilan struktur yang membahayakan bangunan konsolidasi dam.

Tabel 3: Rekapitulasi Ketinggian Tampungan Saat Kondisi Kritis

No.	Kondisi Tampungan	Massa Jenis (W) (ton/m ³)	Ketinggian Tampungan saat Kondisi Kritis (m)		
			S.T.Guling	S.T.Geser	S.T.Ambles
1	Dominan Air	Ww = 1,0	11,2	~	9,4
2		Ww = 1,2	10,4	~	8,6
3		Ww = 1,4	9,8	~	8
1	Dominan Sedimen	Ws = 1,6	9,4	~	7,6
2		Ws = 1,8	8,8	~	7,2
3		Ws = 2,0	8,4	~	6,8
1	Dominan Air Dinamis	Wd = 1,0 ; Vd = 2 m/s	~	~	~
2		Wd = 1,2 ; Vd = 1,5 m/s	~	~	~
3		Wd = 1,4 ; Vd = 0,5 m/s	~	~	~
1	Material	Ww = 1,0 ; Ws = 1,6	9,4	~	7,4
2		Ww = 1,2 ; Ws = 1,8	8,7	~	6,5
3		Ww = 1,0 ; Ws = 1,8	9,4	~	7,1
4	Komposit	Ww = 1,2 ; Ws = 1,6	9	~	6,8
1		Wd = 1,0 ; Ws = 1,6 ; Vd = 1,5 m/s	~	~	10,6
2		Wd = 1,2 ; Ws = 1,8 ; Vd = 1,0 m/s	~	~	9
3	Dinamis	Wd = 1,0 ; Ws = 1,8 ; Vd = 1,5 m/s	~	~	9,9
4		Wd = 1,2 ; Ws = 1,6 ; Vd = 1,0 m/s	~	~	9,6
1		Saar Gempa	Ww = 1,0 ; Ws = 1,6	7,7	~
2	Ww = 1,2 ; Ws = 1,8		6,8	~	5,2
3	Ww = 1,0 ; Ws = 1,8		7,4	~	5,7
4	Ww = 1,2 ; Ws = 1,6		7,1	~	5,6

F. Simulasi Kestabilan dengan Variasi Rasio Kelangsingan Dimensi

Simulasi kestabilan dilakukan dengan mengubah dimensi (kelangsingan) dari bangunan konsolidasi dam. Parameter kondisi tampungan digunakan ketinggian kondisi terkrits yang didapat dari perhitungan di bab sebelumnya. Terdapat 2 macam simulasi dimensi yang digunakan pada perhitungan kestabilan konsolidasi dam. (Gambar 8)



Gambar 8. Simulasi Rasio Kelangsingan pada Konsolidasi Dam

Simulasi A, disimulasikan untuk lebar dasarnya konsolidasi dam dengan ukuran tetap sesuai kondisi eksisting konsolidasi dam Syphon Lemurung (Tabel 4).

Tabel 4: Simulasi A (Rasio Kelangsingan Vertikal)

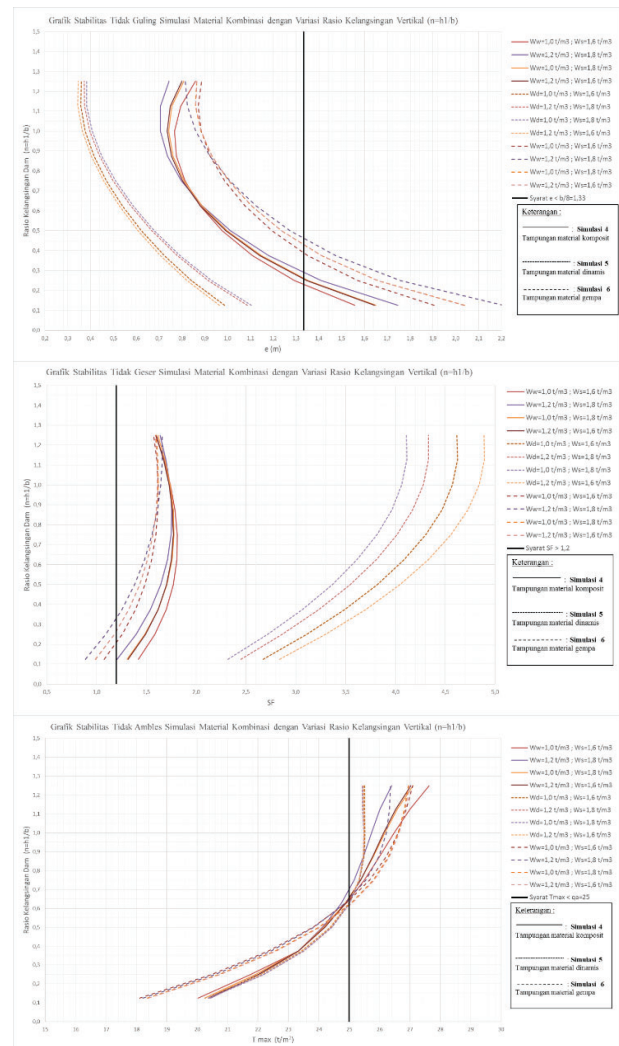
No.	Perbandingan Tinggi Dam/Lebar Dam (n = h1/b)	Rasio Kelangsingan (n)	b1	b2	b	h1	h2	n	m	l
1	1/8	0,125	7,2	2,5	8,0	1,0	1,5	0,6	0,2	1,0
2	2/8	0,250	6,4	2,5	8,0	2,0	1,5	0,6	0,2	1,0
3	3/8	0,375	5,6	2,5	8,0	3,0	1,5	0,6	0,2	1,0
4	4/8	0,500	4,8	2,5	8,0	4,0	1,5	0,6	0,2	1,0
5	5/8	0,625	4,0	2,5	8,0	5,0	1,5	0,6	0,2	1,0
6	6/8	0,750	3,2	2,5	8,0	6,0	1,5	0,6	0,2	1,0
7	7/8	0,875	2,4	2,5	8,0	7,0	1,5	0,6	0,2	1,0
8	8/8	1,000	1,6	2,5	8,0	8,0	1,5	0,6	0,2	1,0
9	9/8	1,125	0,8	2,5	8,0	9,0	1,5	0,6	0,2	1,0
10	10/8	1,250	0,0	2,5	8,0	10,0	1,5	0,6	0,2	1,0

Simulasi B, disimulasikan untuk tinggi bangunan dengan ukuran tetap sesuai kondisi eksisting konsolidasi dam Syphon Lemurung (Tabel 5).

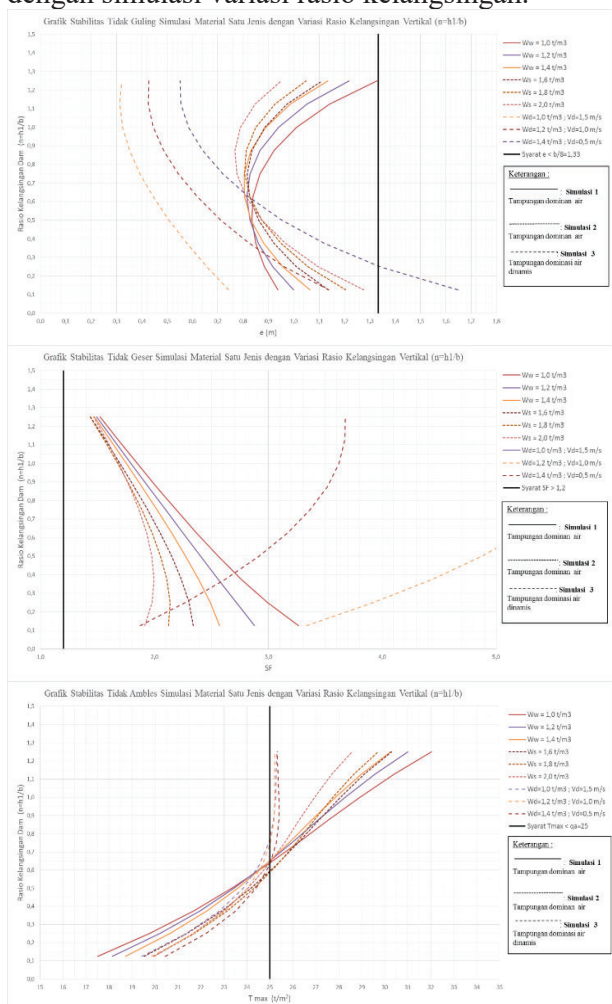
Tabel 5: Simulasi B (Rasio Kelangsingan Horizontal)

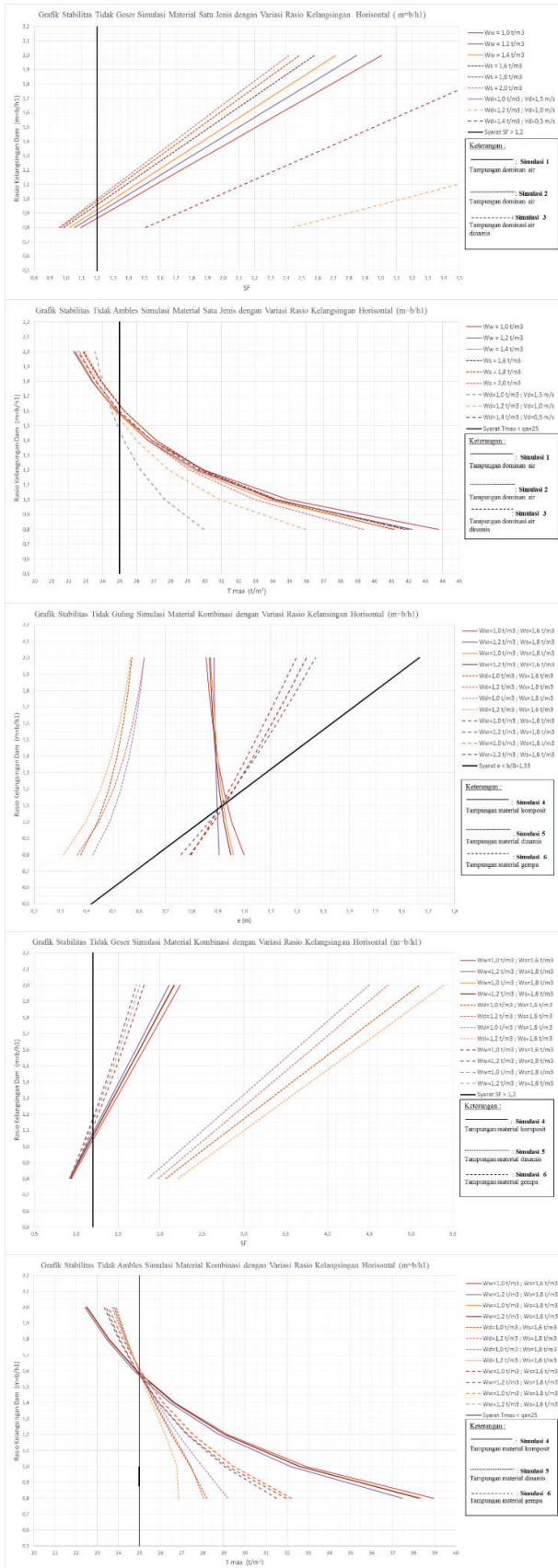
No.	Perbandingan Lebar Dam/Tinggi Dam (m = b/h1)	Rasio Kelangsingan (m)	b1	b2	b	h1	h2	n	m	l
1	1/5	0,200	0,0	2,5	1,0	5,0	1,5	0,6	0,2	1,0
2	2/5	0,400	0,0	2,5	2,0	5,0	1,5	0,6	0,2	1,0
3	3/5	0,600	0,0	2,5	3,0	5,0	1,5	0,6	0,2	1,0
4	4/5	0,800	0,0	2,5	4,0	5,0	1,5	0,6	0,2	1,0
5	5/5	1,000	1,0	2,5	5,0	5,0	1,5	0,6	0,2	1,0
6	6/5	1,200	2,0	2,5	6,0	5,0	1,5	0,6	0,2	1,0
7	7/5	1,400	3,0	2,5	7,0	5,0	1,5	0,6	0,2	1,0
8	8/5	1,600	4,0	2,5	8,0	5,0	1,5	0,6	0,2	1,0
9	9/5	1,800	5,0	2,5	9,0	5,0	1,5	0,6	0,2	1,0
10	10/5	2,000	6,0	2,5	10,0	5,0	1,5	0,6	0,2	1,0

Dari hasil analisa kestabilan ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan syarat kestabilan dengan rasio kelangsingan dimensi konsolidasi dam. Sehingga diketahui dimensi efektif yang memenuhi syarat kestabilan. Pada gambar 8 dan gambar 9 ditampilkan grafik hubungan stabilitas dengan simulasi variasi rasio kelangsingan.



Gambar 7. Grafik Hubungan Syarat Kestabilan Tidak Guling, Tidak Geser Dan Tidak Ambles Dengan Rasio Kelangsingan Dimensi Pada Simulasi Kestabilan Variasi Rasio Kelangsingan Dimensi Pada Simulasi A (Rasio Kelangsingan Vertikal)





Gambar 9. Grafik Hubungan Syarat Kestabilan Tidak Guling, Tidak Geser Dan Tidak Ambles Dengan Rasio Kelangsingan Dimensi Pada Simulasi Kestabilan Variasi Rasio Kelangsingan Dimensi Pada Simulasi B (Rasio Kelangsingan Horizontal).

Dari perhitungan dan analisa kestabilan di dapat dimensi rencana yang memenuhi syarat kestabilan. tiap kondisi tampungan (tabel 6 dan tabel 7). Diketahui bahwa dimensi konsolidasi dam rencana yang dapat dipakai tinggi dam (h_1) = 1m – 5m dan lebar dam (b) = 8m - 10m.

Rekapitulasi perhitungan syarat kestabilan pada simulasi A dan B dapat dilihat pada Tabel 6 dan 7.

Tabel 6: Rekapitulasi Perhitungan Syarat Kestabilan pada Simulasi A

No.	Kondisi Tampungan	Massa Jenis (W) (ton/m ³)	Batas rasio kelangsingan (n) yang memenuhi syarat kestabilan			Rasio kelangsingan yang dapat dipakai
			S.T.Guling	S.T.Geser	S.T.Ambles	
1	Dominan Air (Simulasi A)	Ww = 1.0	~	~	0.64	n > 0.65 , dimensi rencana
2		Ww = 1.2	~	~	0.65	h1 = 1 m - 5 m
3		Ww = 1.4	~	~	0.65	b = 8 m
1	Dominan Sedimen (Simulasi A)	Ws = 1.6	~	~	0.58	n > 0.64 , dimensi rencana
2		Ws = 1.8	~	~	0.59	h1 = 1 m - 5 m
3		Ws = 2.0	~	~	0.64	b = 8 m
1	Dominan Air Dinamis (Simulasi A)	Wd = 1.0 ; Vd = 1.5 m/s	~	~	~	n = besar , dimensi rencana
2		Wd = 1.2 ; Vd = 1.0 m/s	~	~	~	h1 = 1 m - 10 m
3		Wd = 1.4 ; Vd = 0.5 m/s	~	~	~	b = 1 m - 10 m
1	Material Komposit (Simulasi A)	Ww = 1.0 ; Ws = 1.6	0.23	~	0.65	n > 0.70 , dimensi rencana
2		Ww = 1.2 ; Ws = 1.8	0.30	~	0.70	h1 = 1 m - 5 m
3		Ww = 1.0 ; Ws = 1.8	0.26	~	0.65	b = 8 m
1	Material Dinamis (Simulasi A)	Wd = 1.0 ; Ws = 1.6 ; Vd = 1.5 m/s	~	~	0.63	n > 0.63 , dimensi rencana
2		Wd = 1.2 ; Ws = 1.8 ; Vd = 1.0 m/s	~	~	0.63	h1 = 1 m - 5 m
3		Wd = 1.0 ; Ws = 1.8 ; Vd = 1.5 m/s	~	~	0.63	b = 8 m
1	Saat Gempa (Simulasi A)	Ww = 1.0 ; Ws = 1.6	0.39	0.21	0.64	n > 0.65 , dimensi rencana
2		Ww = 1.2 ; Ws = 1.8	0.46	0.34	0.65	h1 = 1 m - 5 m
3		Ww = 1.0 ; Ws = 1.8	0.43	0.26	0.61	b = 8 m
4		Ww = 1.2 ; Ws = 1.6	0.43	0.26	0.61	

Tabel 7: Rekapitulasi Perhitungan Syarat Kestabilan pada Simulasi B

No.	Kondisi Tampungan	Massa Jenis (W) (ton/m ³)	Batas rasio kelangsingan (m) yang memenuhi syarat kestabilan			Rasio kelangsingan yang dapat dipakai
			S.T.Guling	S.T.Geser	S.T.Ambles	
1	Dominan Air (Simulasi B)	Ww = 1.0	1.21	0.86	1.59	m > 1.59 , dimensi rencana
2		Ww = 1.2	1.18	0.90	1.58	h1 = 5 m
3		Ww = 1.4	1.15	0.92	1.58	b = 8 m - 10 m
1	Dominan Sedimen (Simulasi B)	Ws = 1.6	1.15	0.98	1.65	m > 1.65 , dimensi rencana
2		Ws = 1.8	1.13	0.98	1.64	h1 = 5 m
3		Ws = 2.0	1.10	1.00	1.60	b = 8 m - 10 m
1	Dominan Air Dinamis (Simulasi B)	Wd = 1.0 ; Vd = 1.5 m/s	~	~	~	m = besar , dimensi rencana
2		Wd = 1.2 ; Vd = 1.0 m/s	~	~	~	h1 = 1 m - 10 m
3		Wd = 1.4 ; Vd = 0.5 m/s	~	~	~	b = 1 m - 10 m
1	Material Komposit (Simulasi B)	Ww = 1.0 ; Ws = 1.6	1.12	1.05	1.53	m > 1.58 , dimensi rencana
2		Ww = 1.2 ; Ws = 1.8	1.07	1.09	1.58	h1 = 5 m
3		Ww = 1.0 ; Ws = 1.8	1.10	1.06	1.58	b = 8 m - 10 m
1	Material Dinamis (Simulasi B)	Wd = 1.0 ; Ws = 1.6 ; Vd = 1.5 m/s	~	~	1.60	m > 1.60 , dimensi rencana
2		Wd = 1.2 ; Ws = 1.8 ; Vd = 1.0 m/s	~	~	1.60	h1 = 5 m
3		Wd = 1.0 ; Ws = 1.8 ; Vd = 1.5 m/s	~	~	1.60	b = 8 m - 10 m
4		Wd = 1.2 ; Ws = 1.6 ; Vd = 1.0 m/s	~	~	1.59	
1	Saat Gempa (Simulasi B)	Ww = 1.0 ; Ws = 1.6	1.08	1.11	1.57	m > 1.60 , dimensi rencana
2		Ww = 1.2 ; Ws = 1.8	1.08	1.17	1.57	h1 = 5 m
3		Ww = 1.0 ; Ws = 1.8	1.10	1.15	1.57	b = 8 m - 10 m
4		Ww = 1.2 ; Ws = 1.6	1.10	1.15	1.60	

IV. KESIMPULAN

Dari uraian dan perhitungan pada bab-bab sebelumnya dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari hasil analisa didapatkan kapasitas volume tampungan sedimen maksimum konsolidasi dam Syphon Lemurung adalah 30926,25 m³. Laju sedimen pada Kali Konto adalah 67,1875 m³/hari. Waktu untuk memenuhi tampungan sedimen adalah 460 hari
2. Dari hasil simulasi kestabilan diketahui semakin tinggi massa jenis material (W)

maka semakin rendah kestabilan bangunan. Syarat kestabilan mempengaruhi ketinggian tampungan sedimen pada kondisi kritis.

3. Dari hasil simulasi rasio kelangsingan didapatkan dimensi rencana yang memenuhi syarat kestabilan adalah tinggi dam (h_1) = 1m – 5m dan lebar dam (b) = 8m - 10m. Sehingga dimensi eksisting konsolidasi dam Syphon Lemurung merupakan dimensi yang sudah efektif.

UCAPAN TERIMAKASIH

Alhamdulillah segala puji penulis panjatkan kepada kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-NYA sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan ini. Tidak lupa penulis ucapkan banyak terimakasih kepada Allah S.W.T., kepada kedua orangtua (bapak dan ibu), kepada rekan-rekan seperjuangan kepada dosen pembimbing Bapak Dr. Ir. Wasis Wardoyo MSc. serta Ibu Danayanti Azmi D.N ST., MT. dan semua pihak yang telah membantu penulis selama ini.

Indonesia. 1997. Perencanaan Bendung Penahan Sedimen. Yogyakarta : -

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cahyono, J. 2000. Pengantar Teknologi Sabo. Yogyakarta : -
- [2] Das, B.M., Endah, N., Mochtar, I.B. 1993. Mekanika Tanah (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis). Jakarta: Erlangga
- [3] Departement of Public Works and Highways JICA. 2010. Technical Standards and Guidelines for Sabo Engineering.. Japan International Cooperation Agency
- [4] Harseno, E dan Marsinus. 2008. Analisa Stabilitas Sabo Dam dan Gerusan Lokal Kali Woro Gunung Merapi Kabupaten Klaten. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UKRIM Yogyakarta
- [5] PPK Pengendalian Lahar Gunung Kelud Kediri, Balai Besar Wilayah Sungai Brantas. 2011. Pembangunan Konsolidasi
- [6] Dam Syphon Lemurung Dan Perkuatan Tebing Kali Konto. Kediri : -
Proyek Pusat Latihan dan Pengembangan Teknik Sabo (Sabo technical Center), Direktorat Jendral Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum Republik