

ANALISIS KAPASITAS TAMPUNGAN SABO DAM GE-C13 KALI GENDOL

Muhammad Reyhan Hanif¹, Dinia Anggraheni² dan Pradipta Nandi Wardhana³

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

^{2,3} Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Article Info

Article history:

Available online

Keywords:

Debris, sabo dam, sediment offset, storage capacity

Corresponding Author:

Muhammad Reyhan Hanif¹
18511136@students.uii.ac.id*
Dinia Anggraheni²
[dunia.anggraheni@uui.ac.id](mailto:dinia.anggraheni@uui.ac.id)*
Pradipta Nandi Wardhana³
pradipta.nw@uui.ac.id*

Abstract

One of the impacts after the eruption of Mount Merapi is the flow of debris in Gendol River. To overcome this impact, a sediment control structure, namely Sabo Dam GE-C13 was built. The GE-C13 sabo dam which is expected to be able to control flowing sediment due to volcanic activity of Mount Merapi. Therefore, it is necessary to analyze the sabo storage capacity to find out whether the sabo dam building can control the sediment flow. Analyze of the storage capacity of the sabo dam was carried out by calculating the rainfall intensity with the Monnonabe equation and also the Shimoda equation to calculating the sediment flow. To determine the characteristics and potential volume of sediment, the Takahashi and Mizuyama equations are used which are adjusted to the conditions that occur. The results of the calculation of the 100 years return period design flood discharge obtained rainfall of 131,789 mm with a rain intensity of 109,826 mm/hour which has the potential to cause debris flows. The potential volume of sediment input that occurs is 82.942,98 m³. In calculating the sediment offset with the Shimoda equation, it can be concluded that there is no natural overtopping sediment. If taking into account the presence of sediment from slope and river erosion in Gendol River due

Copyright © 2023 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Latar belakang

Gunung Merapi yang berada di perbatasan antara Daerah Istimewa Yogyakarta dengan Provinsi Jawa Tengah merupakan salah satu gunung teraktif di dunia. Berdasarkan data dari Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kebencanaan Geologi (BPPTKG) tercatat pada periode sejarah modern selama 7 dekade Gunung Merapi terus mengalami

erupsi secara berkala pada periode pendek setiap 4-5 tahun dan periode panjang 10-15 tahun. Aktivitas erupsi Gunung Merapi yang terus berlangsung sampai sekarang, menyebabkan endapan material vulkanik pada alur sungai yang mengancam kestabilan infrastruktur eksisting sungai. Pasca bencana lahar dingin tahun 2010 Kali Gendol adalah salah satu yang terdampak dan menerima kerugian yang cukup besar dalam bencana tersebut. Kerusakan meliputi pemukiman

warga, daerah pertanian, sarana transportasi, dan kenaikan dasar sungai yang cukup tinggi serta rusaknya bangunan sabo dam eksisting yang telah dibangun.

Berdasarkan data *Study on Additional Sabo Facility in Gendol River & Putih River after The 2010 Mt. Merapi Eruption from Yachiyo Engineering Consultant*, selama masa kejadian erupsi Gunung Merapi Tahun 2010 beberapa bangunan sabo dam di Kali Gendol terkubur dan kapasitasnya sudah terisi penuh. Dari total 19 bangunan sabo dam di Kali Gendol, 1 bangunan sabo dam paling atas hilang terkubur hingga saat ini, 9 bangunan sabo dam dibawahnya (GE-D7 sampai GE-C10) hilang terkubur, dan bangunan sabo dam sisanya sudah penuh dengan sedimen. 12 tahun berlalu, sudah ada beberapa sabo dam yang diperbaiki dan ditambah. Sabo Dam GE-C13 adalah salah satu bangunan sabo dam yang dulunya terkubur sedimen namun sudah diperbaiki dan berfungsi kembali. Dilihat dari letak bangunannya, Sabo Dam GE-C13 termasuk bangunan sabo awal yang diharapkan dapat menahan laju sedimen yang mengalir saat terjadi erupsi di Kali Gendol. Hal tersebut menjadi dasar dipilihnya Sabo Dam GE-C13 untuk dianalisis kapasitas tampungannya. Diharapkan dari penelitian ini dapat diketahui kondisi tampungan Sabo Dam GE-C13 dan dapat dilakukan evaluasi lebih lanjut terhadap pengendalian sedimen yang terjadi untuk menjaga kelestarian bangunan sabo dam dan disekitar Gunung Merapi.

1. Berapa volume sedimen yang tertampung dan pengaruhnya bagi bangunan Sabo Dam GE-C13?
2. Bagaimana kondisi kapasitas tampungan Sabo Dam GE-C13 berdasarkan keseimbangan sedimen yang terjadi pada tahun 2022?

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian pada yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui besarnya volume sedimen yang tertampung dan pengaruhnya bagi bangunan Sabo Dam GE-C13,

2. Mengetahui kondisi kapasitas tampungan Sabo Dam GE-C13 berdasarkan keseimbangan sedimen yang terjadi pada tahun 2022.

Landasan teori

Bangunan sabo dam

Sabo bersal dari Bahasa Jepang yang berarti pertahanan terhadap aktivitas bumi. Diperkenalkan pertama kali oleh Tamoaki Yokota. Sabo (shabo) berarti penahan ketika terjadi tanah longsor, baik itu disebabkan oleh air hujan, gempa bumi, maupun letusan gunung berapi, sehingga tanah longsor tersebut tidak akan merusakkan pemukiman penduduk dan prasarana kehidupan lainnya, serta mengganggu aktivitas manusia.

Volume sedimen sekali banjir

Tipe aliran

Untuk mengetahui tipe aliran debris atau aliran hiperkonsentrasi yang ada pada alur sungai dapat dibedakan berdasarkan kemiringan dasar sungai dan tinggi aliran relatif (Pd-T-18-2004-A).

Aliran debris terjadi apabila kemiringan dasar sungai lebih besar atau sama dengan kemiringan dasar kritis ($tg \theta \geq tg \theta_d$) sedangkan aliran sedimen hiperkonsentrasi terjadi pada kondisi kemiringan dasar sungai lebih kecil atau sama dengan kemiringan dasar kritis ($tg \theta \leq tg \theta_d$) dapat dihitung menggunakan rumus Takahashi (1988) dalam (Pd-T-18-2004-A).

$$Tg \theta_d = \frac{C^*(\sigma - \rho)}{(C^*(\sigma - \rho) + (\rho(1 + \frac{1}{k})))} \tan \theta \quad (1)$$

Keterangan :

C^* = konsentrasi sedimen pada dasar sungai (= 0,6)

σ = berat jenis sedimen (g/cm^3)

ρ = berat jenis air (g/cm^3)

k = nilai koefisien eksperimen (0,85-1)

θ = sudut geser dalam statis ($^\circ$)

Konsentrasi sedimen debris

Pada aliran debris, gerakan kolektif partikel dianggap memenuhi seluruh kedalaman aliran, sehingga konsentrasi sedimen (C_d) dianggap sama untuk seluruh kedalaman. Konsentrasi sedimen aliran debris dapat dihitung menggunakan rumus Takahashi (1988) dalam (Pd-T-18-2004-A).

$$C_d = \frac{\rho \times \tan \theta}{(\sigma - \rho)(\tan \theta - \tan \theta)} \quad (2)$$

Keterangan :

C_d = konsentrasi sedimen aliran debris

$tg \theta$ = kemiringan alur ($^\circ$)

Jika $C_d > 0,9 C^*$ maka $C_d = 0,9 C^*$ dan jika $C_d < 0,3$ maka $C_d = 0,3$

Pada aliran hiperkonsentrasi gerakan kolektif partikel tidak terjadi pada seluruh kedalam aliran, melainkan terjadi hanya pada sebagian kedalaman aliran sehingga konsentrasi sedimen (C_d) akan berbeda pada tiap kedalaman aliran. Besarnya konsentrasi sedimen dipengaruhi oleh kemiringan dasar sungai ($tg \theta$). Konsentrasi sedimen dapat dihitung menggunakan rumus Mizuyama (1988) dalam (Pd-T-18-2004-A).

$$C_d = \frac{11,85 \times tg^2 \theta}{1 + 11,85 tg^2 \theta} \quad (3)$$

Keterangan :

C_d = konsentrasi sedimen aliran debris

$tg \theta$ = kemiringan alur ($^\circ$)

Koefisien koreksi aliran debris

Jika $A < 0,1 \text{ km}^2$ maka $F_r = 0,5$, jika $A > 10 \text{ km}^2$ maka $F_r = 0,1$, jika $0,1 < A < 10$ maka $F_r = 0,05 (\log A - 2)^2 + 0,05$ artinya nilai terendah $F_r = 0,1$ dan tertinggi $F_r = 0,5$ (Rifai, M. 2015).

$$F_r = 0,05 (\log A - 2)^2 + 0,05 \quad (4)$$

Keterangan :

A = luas daerah aliran sungai (km^2)

F_r = koefisien koreksi aliran debris

Estimasi volume aliran sedimen sekali banjir

Volume sedimen yang dapat diangkut dalam satu kali banjir debris maupun aliran

hiperkonsentrasi dapat diprediksi dengan mempergunakan rumus empiris dari Mizuyama (1988) dalam (Pd-T-18-2004-A).

$$V_s = \frac{R_{24} \times A \times 10^3}{1 - \lambda} \times \frac{C_d}{1 - C_d} \times F_r \quad (5)$$

Keterangan :

λ = void ratio ($\pm 0,4$)

F_r = koefisien koreksi aliran debris

A = luas daerah aliran sungai (km^2)

C_d = konsentrasi sedimen aliran debris

R_{24} = curah hujan harian maksimum (mm)

Kapasitas tampungan sedimen

Cara pendekatan yang digunakan dalam perhitungan volume sedimen yang diamankan, berdasarkan metode yang dipakai dalam perencanaan bangunan pengendali sedimen (Vianey, M.R, 2019).

1. Tampungan mati (*dead storage*)

$$V_{ds} = 0,5 \times B \times H_{efektif} \times L1 \quad (5)$$

Keterangan :

$H_{efektif}$ = tinggi efektif dan tanpa pondasi

B = lebar bangunan pengendali sedimen

$L1$ = panjang aliran terkendali sedimen 1 (m) = $\frac{H_{efektif}}{I_0 - I_s}$

I_0 = kemiringan dasar sungai asli = $\tan \theta$

I_d = kemiringan dinamis

2. Tampungan total

$$V_{tot} = (A1 + A2) \times B \quad (6)$$

Keterangan :

$A1$ = luas daerah terkendali sedimen 1 (m^2) = $0,5 \times H \times L1$

$A2$ = luas daerah terkendali sedimen 2 (m^2) = $(0,5 \times H \times L2) - A1$

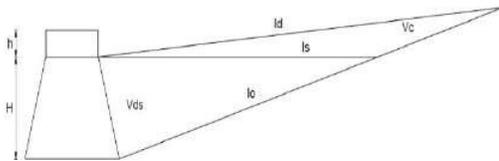
$L1$ = panjang aliran terkendali sedimen 1 (m) = $\frac{H_{efektif}}{I_0 - I_s}$

$L2 = \text{panjang aliran terkendali sedimen}$
 $2 (m) = \frac{H_{efektif}}{I_0 - I_d}$

3. Tampungn sementara (*control volume*)

$V_c = V_{tot} - V_{ds}$ (7)

Sketsa kapasitas tampungan sabo dam dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Sketsa kapasitas tampungan sabo dam

Kontrol aliran massa sedimen debris

Analisis kontrol aliran massa sedimen debris pada penelitian ini didasarkan pada (Pengantar Teknologi Sabo, 2000).

1. Debit puncak aliran debris

$Q_d = \frac{c^*}{c^* - c_d} \times Q$ (8)

Keterangan :

Q' = debit banjir rancangan (m^3/det)

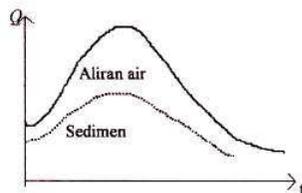
2. Volume aliran debris

$V_d = 500 \times Q_d$ (9)

Keterangan :

V_d = maksimum total volume aliran debris (m^3)

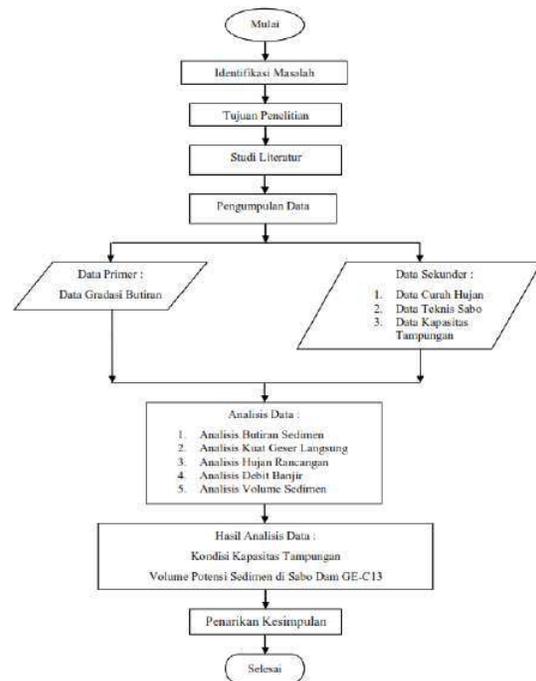
Sketsa angkutan sedimen saat banjir dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Angkutan sedimen saat banjir

Metode penelitian

Tahap awal pada penelitian ini adalah mencari informasi lewat studi literatur atau mencari referensi dari berbagai buku, penelitian terdahulu, jurnal dan skripsi yang berkaitan dengan penelitian ini. Setelah itu, dilanjutkan dengan pencarian beberapa data yang dibutuhkan baik data primer dan sekunder. Langkah selanjutnya dilakukan perhitungan dengan metode yang telah dipilih menggunakan bantuan *Software Microsoft Excel*. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini antara lain data curah hujan, data sedimen, data teknis sabo, dan data kapasitas tampungan sabo. Dari hasil perhitungan akan diperoleh nilai volume sedimentasi, kapasitas tampungan, dan dapat ditarik kesimpulan. Bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



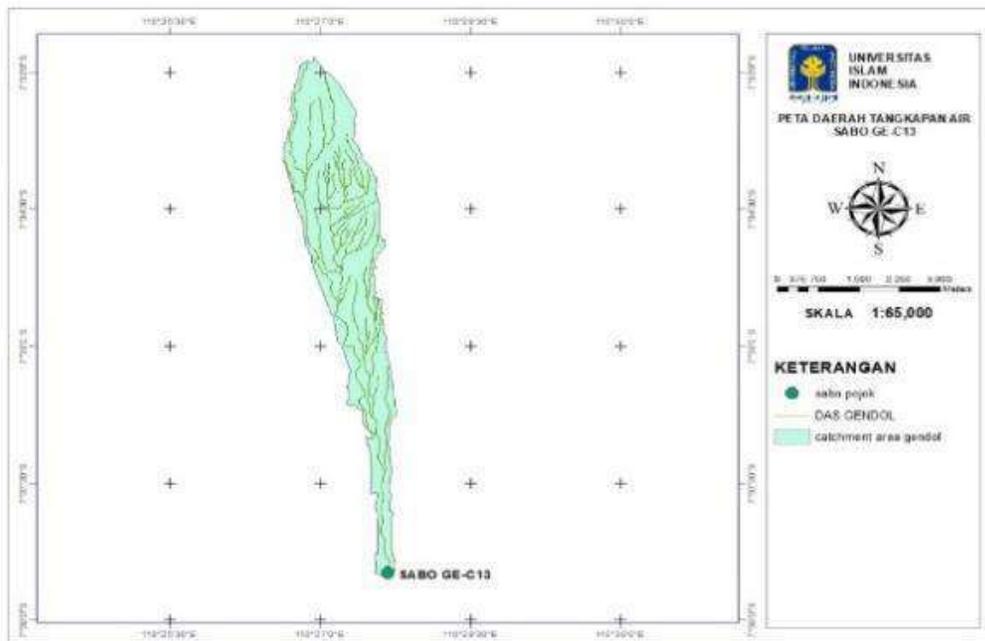
Gambar 3. Bagan alir penelitian

Hasil dan pembahasan

Analisis daerah tangkapan air Sabo Dam GE-C13

Dalam pembuatan batas DAS dilakukan dengan bantuan Software ArcMap 10.3.

Proses deliniasi batas DAS dilakukan dengan melihat punggung bukit dari kontur di dekat aliran sungai. Peta daerah tangkapan air Sabo Dam GE-C13 dapat dilihat pada Gambar 4. Luas DAS (A) = 8,811 km² dengan panjang sungai = 51,847 km



Gambar 4. Peta daerah tangkapan air Sabo Dam GE-C13

Analisis curah hujan maksimum

Analisis curah hujan yang digunakan pada penelitian ini berasal dari 1 stasiun hujan yaitu stasiun Sorasan selama 11 tahun dari tahun 2010-2020. Rekapitulasi hujan maksimum tiap tahun ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Curah hujan maksimum tiap tahun stasiun sorasan

No	Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)
1	2010	74
2	2011	94
3	2012	105
4	2013	92
5	2014	105,5
6	2015	78
7	2016	98,2
8	2017	123,6
9	2018	94,2
10	2019	86
11	2020	96,4

Analisis curah hujan rencana

Dari perhitungan curah hujan maksimum setiap tahun, data yang ada kemudian diurutkan dari besar ke kecil, selanjutnya dilakukan analisis statistik untuk mengetahui nilai Cs (koefisien skewness), Cv (koefisien variasi), dan Ck (koefisien kurtois) yang akan dijadikan dasar acuan untuk mengetahui jenis analisis frekuensi yang akan digunakan kemudian dilakukan pengujian sebaran data dengan metode *Chi Kuadrat* setelah itu dilakukan perhitungan curah hujan rencana kala ulang tahun. Rekapitulasi nilai curah hujan rencana kala ulang tahun ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis statistik data hujan

PUH	KTR	Curah Hujan Rencana (mm)
2	-0,005	94,23
5	0,840	106,30
10	1,285	113,26
20	1,761	121,21
50	2,069	126,67
100	2,347	131,79
200	2,603	136,79

Analisis hidrograf satuan nakayasu

Dalam menghitung hidrograf satuan nakayasu diperlukan luas daerah tangkapan air dan panjang sungai, kemudian dilakukan analisis menggunakan persamaan nakayasu. Hasil perhitungan hidrograf satuan nakayasu ditampilkan pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Hasil analisis hidrograf satuan nakayasu

Waktu (Jam)	Hidrograf Satuan Nakayasu (m ³ /det)	Waktu (Jam)	Hidrograf Satuan Nakayasu (m ³ /det)
0	0,000	17	0,047
1	0,007	18	0,042
2	0,037	19	0,037
3	0,098	20	0,033
4	0,195	21	0,029
5	0,297	22	0,026
6	0,285	23	0,023
7	0,239	24	0,021
8	0,200	25	0,020
9	0,141	26	0,018
10	0,118	27	0,017
11	0,099	28	0,015
12	0,083	29	0,014
13	0,060	30	0,013
14	0,067	31	0,012
15	0,060	32	0,011
16	0,053	33	0,010

Analisis distribusi hujan rencana

Dalam menghitung distribusi hujan rencana, data masukan hujan rancangan yang didistribusikan ke dalam hujan jam-jaman. Untuk dapat mengubah hujan rancangan ke

dalam besaran hujan jam-jaman perlu didapatkan pola distribusinya. Hasil perhitungan analisis hujan rancangan ditampilkan pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Hasil analisis distribusi hujan rencana

T _d (jam)	I _t (mm/jam)	I _t T _d (mm)	Δp (mm)	P _t (%)	Hyetograph (mm)
1	109,826	109,826	109,826	67,731	63,823
2	69,026	138,052	28,227	17,408	16,403
3	52,606	157,817	19,765	12,189	11,486
4	43,383	173,534	15,717	9,693	9,133
5	37,359	186,795	13,261	8,178	7,706
6	33,063	198,378	11,584	7,144	6,732
7	29,819	208,731	10,353	6,385	6,016
Jumlah			208,731	128,728	121,300

Lanjutan Tabel 5. Hasil perhitungan debit banjir nakayasu

Dalam menghitung besarnya nilai debit limpasan digunakan metode *Nakayasu*. Hasil perhitungan debit banjir metode nakayasu kala ulang 100 tahun ditampilkan pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Hasil perhitungan debit banjir nakayasu

Waktu (jam)	Debit Banjir (m ³ /det)
0	10,193
1	10,638
2	12,660
3	17,103
4	24,696
5	36,107
6	34,346
7	33,523
8	32,340
9	30,856
10	29,022
11	26,724
12	23,808
13	21,603
14	20,322
15	19,045
16	17,962
17	17,045
18	16,267
19	15,603
20	15,034
21	14,496

Tabel 5. Lanjutan

22	14,018
23	13,593
24	13,215
25	12,944
26	12,747
27	12,524
28	11,338
29	10,989
30	10,749
31	10,568
32	10,417
33	10,294

Pemeriksaan sedimen

Dalam perhitungan dan analisis sampel sedimen, digunakan beberapa data dari sampel sedimen yang diambil dari lokasi penelitian. Sampel sedimen yang diambil berupa endapan yang berada di dalam kolam tampungan sabo dam GE-C13.

1. Analisis berat jenis sedimen

Pemeriksaan berat jenis sedimen digunakan untuk perbandingan berat butir-butir sedimen dengan berat air destilasi dengan volume yang sama pada temperatur 27,5°C. Hasil pemeriksaan berat jenis sampel sedimen ditampilkan pada Tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Hasil pemeriksaan berat jenis sampel sedimen

Berat Jenis			
Berat piknometer	W1	27,57	
Berat piknometer + tanah kering	W2	80,54	
Berat piknometer + tanah + air penuh	W3	109,29	
Berat piknometer + air penuh	W4	78,08	
Suhu air	t	26,00	
Berat volume tanah pada suhu T	γ_w	0,9968	
Berat volume tanah pada suhu 27,5°C	γ_w	0,9964	
Berat tanah kering	Ws	52,97	
A		131,05	
I		21,76	
Berat jenis tanah pada suhu T	Gs	2,434	
Berat jenis tanah pada suhu 27,5°C	Gs	2,433	

2. Kadar air sedimen

Kadar air merupakan perbandingan antara berat air yang terkandung dalam sampel sedimen yang dinyatakan dalam persen (%). Hasil pemeriksaan kadar air sedimen ditampilkan pada Tabel 7

Tabel 7. Hasil pemeriksaan kadar air sampel sedimen

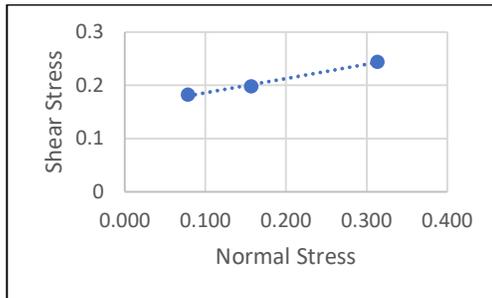
Sampel	Kadar Air		
	1	2	3
Berat cawan	8,920	9,290	12,960
Berat cawan + tanah basah	18,780	16,820	22,960
Berat cawan + tanah kering	14,610	13,630	18,740
Berat tanah	5,690	4,340	5,780
Berat air	4,170	3,190	4,220
Kadar air (%)	72,286	73,502	73,010
		73,266	

3. Pemeriksaan kuat geser langsung

Pemeriksaan kuat geser langsung atau *direct shear* digunakan untuk mencari nilai kohesi (C) dan sudut geser langsung (ϕ). Hasil pemeriksaan kuat geser langsung ditampilkan pada Tabel 9 dan Gambar 5 berikut ini.

Tabel 9. Hasil pemeriksaan kuat geser langsung

Sample Parameters	Specimen		
	0,5	1	2
Diameter (cm)	6,373	6,373	6,373
Height (cm)	1,935	1,935	1,935
Area (cm ²)	31,899	31,899	31,899
Weight (g)	86,330	92,71	92,630
Water Content (%)	73,286	73,502	73,010
Normal Force (Kg)	2,500	5,000	10,000
Normal Stress (Kg/cm ²)	0,078	0,157	0,333
Max Shear Force (Kg)	6,019	6,310	7,788
Max Shear Stress (Kg/cm ²)	0,182	0,198	0,244
Strength Parameters			
Cohesion, C	0,160		Kg/cm ²
Friction Angle, f	14,623		Degree



Gambar 5. Grafik kuat geser langsung

Berdasarkan hasil pemeriksaan data sedimen didapatkan nilai berat jenis sebesar 2,433, kadar air sebesar 73,266%, kuat geser langsung sebesar 14,623 derajat, serta persentase butiran yang terdiri dari 48,55% lanau dan 51,45% lempung.

Analisis volume sedimen debris dalam sekali banjir akibat hujan rencana (V_s)

Pada analisis ini perhitungan menggunakan kala ulang 100 tahun.

1. Tipe aliran

Dari hasil perhitungan didapatkan $\text{tg } \theta = 0,05263$ dan $\text{tg } \theta_d = 0,074$ sehingga aliran yang terjadi tergolong dalam aliran hiperkonsentrasi karena nilai $\text{tg } \theta \leq \text{tg } \theta_d$.

2. Konsentrasi sedimen

Pada aliran hiperkonsentrasi gerakan kolektif partikel tidak terjadi pada seluruh kedalaman aliran, melainkan terjadi hanya pada sebagian kedalaman aliran sehingga konsentrasi sedimen (C_d) akan berbeda pada tiap kedalaman aliran. Besarnya konsentrasi sedimen dipengaruhi oleh kemiringan dasar sungai ($\text{tg } \theta$).

Jika $C_d > 0,9 C^*$ maka $C_d = 0,9 C^*$ dan jika $C_d < 0,3$ maka $C_d = 0,3$.

Dengan menggunakan rumus Mizuyama didapatkan nilai $C_d = 0,0318$ sedangkan nilai C_d yang didapat lebih kecil dari 0,3 maka digunakan $C_d = 0,3$.

3. Koefisien koreksi aliran debris

Jika $A < 0,1 \text{ km}^2$ maka $F_r = 0,5$, jika $A > 10 \text{ km}^2$ maka $F_r = 0,1$, jika $0,1 < A < 10$ maka $F_r = 0,05(\log A - 2)^2 + 0,05$ artinya

nilai terendah $F_r = 0,1$ dan tertinggi $F_r = 0,5$. Nilai F_r hasil perhitungan 0,085 maka digunakan $F_r = 0,1$.

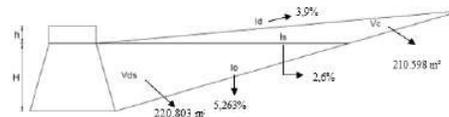
4. Estimasi volume aliran sedimen sekali banjir.

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan Mizuyama estimasi volume aliran sedimen sekali banjir adalah sebesar (V_s) = 82.942,98 m^3 .

Analisis keseimbangan sedimen

1. Analisis kapasitas tampungan Sabo Dam GE-C13.

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan Shimoda didapatkan hasil volume tampungan mati/dead storage (V_{ds}) = 220.803 m^3 , volume total (V_{tot}) = 431.401,32 m^3 dan volume kontrol (V_c) = 210.598 m^3 . Hasil perhitungan analisis kapasitas tampungan Sabo Dam GE-C13 ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Sketsa hasil analisis kapasitas tampungan sabo dam GE-C13

2. Analisis volume sedimen yang melimpas alami dan akibat pengaruh erosi lereng.

Potensi aliran sedimen yang mengalir ke sabo dam juga dipengaruhi jumlah sedimen yang terjadi karena beberapa kondisi, misalnya seperti erosi lereng, longsoran lereng, erosi pada tebing sungai, serta erosi dasar sungai. Berdasarkan data potensi sedimen yang didapat dari (TIM OJT ISDM Merapi tahun 2005 dalam Legono,D, 2008), di sepanjang aliran Kali Gendol terdapat beberapa potensi sedimen yang terjadi. Data besarnya potensi sedimen ditampilkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Potensi sedimen kali gendol

No	Potensi Sedimen	Jumlah (m ³)
1	Erosi Lereng	229.000
2	Longsoran Lereng	41.000
3	Erosi Tebing Sungai	3.400.000
4	Erosi Dasar Sungai	957.000
Total		4.627.000

1. Volume sedimen yang melimpas alami (Ve)

$$Ve = - 348.458,02 \text{ m}^3$$

2. Volume sedimen yang melimpas alami akibat pengaruh erosi lereng dan sungai (VE)

$$VE = 4.278.541,98 \text{ m}^3$$

Analisis kontrol aliran massa sedimen

Kandungan sedimen terbesar terjadi pada saat puncak banjir. Debit puncak aliran debris diestimasi berdasarkan hubungan antara debit puncak limpasan dan kandungan sedimennya. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai debit puncak aliran debris (Q_d) = 72,214 m³/det dan volume aliran debris (V_d) = 36.107 m³.

Kapasitas tampungan Sabo Dam GE-C13

Untuk mendapatkan nilai kapasitas tampungan Sabo Dam GE-C13 dan jumlah sedimen yang tertampung saat ini, digunakan data perhitungan dari data sedimen BBWS Serayu-Opak. Volume kapasitas tampungan Sabo Dam GE-C13 adalah 164.200 m³ dan volume yang tersisa saat ini di sabo dam adalah 2.600 m³, sehingga sisa kapasitas tampungan di sabo dam saat ini adalah 161.600 m³. Dapat dihitung sedimen yang terisi di Sabo Dam GE-C13 saat ini sebesar 2% dari total kapasitas.

Pembahasan

Hasil perhitungan menunjukkan volume sedimen alami yang melimpas tanpa memperhitungkan potensi sedimen bernilai negatif (Ve) sebesar -348.458,02 m³ sehingga imbalan sedimen dapat tercapai dan tidak ada sedimen yang melimpah di sabo dam bagian hilir dari Sabo Dam GE-C13. Selain

itu, dapat diketahui bahwa imbalan sedimen hingga kala ulang 100 tahun, Sabo Dam GE-C13 masih mampu mengendalikan aliran sedimen. Dibandingkan dengan kondisi asli di lokasi penelitian, jika memperhatikan besarnya potensi sedimen akibat pengaruh erosi lereng dan sungai, hasil pada perhitungan keseimbangan sedimen tersebut menunjukkan bahwa akan terdapat volume yang melimpas alami (VE) sebesar 4.278.541,98 m³. Hal tersebut mungkin terjadi karena perhitungan hanya meninjau kapasitas tampungan di Sabo Dam GE-C13 tanpa memperhitungkan kapasitas tampungan di sabo dam lainnya. Jika dilihat langsung di lapangan, sampai sekarang masih terdapat banyak sisa sedimen di enam bangunan sabo yang berada diatas Sabo Dam GE-C13.

Berdasarkan data sedimen eksisting yang ada di Sabo Dam GE-C13 menunjukkan bahwa Sabo Dam GE-C13 masih bisa berfungsi secara optimum karena volume sedimen yang tertahan hanya 2% dari total kapasitas tampungan Sabo Dam GE-C13. Namun, melihat dari besarnya nilai volume sedimen yang melimpas akibat pengaruh erosi lereng dan sungai kemungkinan besar Sabo Dam GE-C13 akan tertimbun oleh sedimen yang melimpas jika tidak direvitalisasi.

Melihat dari nilai volume aliran debris yang diakibatkan oleh debit puncak aliran debris (V_d) sebesar 36.107 m³ seharusnya tidak jauh berbeda dengan hasil yang didapat pada perhitungan volume aliran sedimen sekali banjir yang diakibatkan oleh hujan rencana sebesar (V_s) sebesar 82.942,98 m³ maka perlu ditinjau ulang dengan metode perhitungan debit banjir lain untuk mendapatkan hasil yang lebih mendekati dengan volume potensi sekali banjir (V_e).

Kesimpulan dan saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan. Maka kesimpulan yang didapat dari penelitian sebagai berikut :

1. Besarnya volume sedimen sekali banjir (V_s) oleh Q100 sebesar 240.823,133 m³,

sedangkan volume *dead storage* (V_{ds}) sebesar 83720,930 m³, dengan volume kontrol (V_c) sebesar 83720,930 m³. Sehingga volume sedimen yang melimpas alami akibat pengaruh erosi lereng dan sungai (VE) sebesar 4.278.541,98 m³ harus dikelola oleh 6 sabo dam di bagian hulu Sabo Dam GE-C13 dan juga Sabo Dam GE-C13 itu sendiri.

2. Bangunan pengendali sedimen eksisting pada saat ini mampu menangkap sedimen sebesar 161.600 m³, Jika melihat dari nilai volume sedimen alami yang melimpas (V_e) yang bernilai negatif sebesar -348.458,02 m³ dapat disimpulkan bahwa keseimbangan sedimen yang terjadi pada bangunan Sabo Dam GE-C13 dapat tercapai.

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa saran yang diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan pada penelitian selanjutnya, antara lain :

1. Ditambahkan data curah hujan yang terbaru dan lebih banyak serta diolah secara berkala supaya volume potensi sedimen yang diperkirakan dapat lebih akurat dan mendekati kondisi asli di lapangan.
2. Dilakukan penelitian kapasitas dan kemampuan tampungan sabo dam pada bangunan sabo dam lain di Kali Gendol supaya diketahui nilai estimasi sedimen yang melimpas agar bisa dijadikan bahan evaluasi dan upaya preventif dalam mencegah dampak bencana yang lebih besar.
3. Dalam menjaga kelestarian bangunan sabo dam, dibutuhkan pengawasan dan pengontrolan terhadap sedimen yang masuk dan keluar supaya keseimbangan sedimen dapat tercapai.

Daftar pustaka

- Abdunnafi G. (2016). Analisis Curah Hujan Dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Terhadap Terjadinya Migrasi *Debris Flow* Kali Putih Gunung Merapi.
- Anonim. (2004). Pembuatan Peta Bahaya Akibat Aliran Debris. Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah.
- Anonim. (2004). Tata Cara Perencanaan Teknik Bendung Penahan Sedimen. Badan Standarisasi Nasional.
- Cahyono J. (2000). Buku Pengantar Teknologi Sabo, Yayasan Teknologi Sabo.
- Eka. (2011). Analisis Kinerja Bangunan Sabo Dam Dalam Mengendalikan Sedimen Studi Kasus Check Dam PU-D2 dan PU-D1 di Kali Putih Kabupaten Magelang.
- Madiastuti S. (2020). Analisis Stabilitas Bangunan Pengendali Sedimen Gunung Merapi (Studi Kasus Sabo Dam GE-C13, Kali Gendol).
- Ramadhan H. (2020). Analisis Efektivitas Sabo Dam di Kali Putih Menggunakan Aplikasi SIMLAR V.2.0.
- Shimoda, 1995. *Study Report of Urgent Sabo Countermeasure Plan For Volcanic Disaster in Mt. Merapi*.
- Takahashi, T. (1988). *Debris Flow*, Taylor & Francis Group, London.
- Triatmojo, Bambang. (2008). Hidrologi Terapan, Beta Offset, Yogyakarta.