

NASKAH PUBLIKASI
EVALUASI KAPASITAS SABO DAM DALAM USAHA MITIGASI
BENCANA SEDIMEN MERAPI

(Studi Kasus : PU-C Seloiring, Kali Putih)

Sena Andi Satria¹

Jazaul Ikhsan² Burhan Barid³

ABSTRAK

Gunung Merapi merupakan salah satu gunung teraktif di dunia, dan bencana Merapi merupakan salah satu permasalahan yang sering terjadi di Indonesia. Bencana sedimen merupakan salah satu bencana yang sering terjadi di daerah gunung berapi. Sedimentasi dari letusan gunung berapi merupakan hal serius yang perlu diperhatikan, karena hal ini dapat menimbulkan daya rusak yang cukup tinggi. Sabo dam merupakan bangunan pengendali sedimen yang dibangun untuk mengendalikan dan mengurangi dampak kerusakan akibat lahar dingin. Sabo dam juga berfungsi untuk menampung sedimen dalam kapasitas tertentu. PU-C Seloiring merupakan sabo dam yang dibangun pada tahun 2015 di Kali Putih, Merapi. Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengetahui laju erosi potensial dengan menggunakan metode USLE, mengetahui besar volume sedimen dan kemampuan bangunan sabo dam PU-C Seloiring dalam menampung sedimen.

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari instansi-instansi terkait. Analisis data menggunakan rumus-rumus empiris dengan metode USLE dan program ArcGIS. Hasil analisis data menggunakan program ArcGIS merupakan peta-peta dan nilai faktor-faktor yang dibutuhkan dalam menganalisis volume sedimen.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa (1) Laju erosi potensial di Sub-DAS Kali Putih dengan menggunakan perhitungan metode USLE adalah 104.935,97 ton/ha/tahun,(2) Besar volume sedimen potensial di Sub-DAS Kali Putih sebesar 2.823.875,218 m³/tahun (3) Sabo dam PU-C Seloiring mampu menampung 3,2 % sedimen per tahun.

Kata Kunci : Erosi, Sedimen, USLE, Kali Putih, Sabo dam

¹2012010289 Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

²Dosen Pembimbing 1

³Dosen Pembimbing 2

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Gunung Merapi merupakan salah satu gunung teraktif di dunia, dan bencana Merapi merupakan salah satu permasalahan yang sering terjadi di Indonesia. Bahaya yang diakibatkan oleh letusan Gunung Merapi ada dua macam yaitu bahaya primer dan bahaya sekunder. Bahaya primer adalah bahaya yang langsung dihadapi, disebabkan karena bahan material yang keluar pada waktu terjadi letusan. Bahaya tersebut berupa lahar panas, awan panas dan bahan-bahan lepas yang berjatuh, berupa lapili, pasir dan abu. Bahaya sekunder yaitu dampak tidak langsung dari letusan gunung berapi, seperti banjir lahar dingin.

Bencana sedimen merupakan salah satu bencana yang sering terjadi di daerah gunung berapi, pada dasarnya kawasan rawan bencana sedimen umumnya memiliki kesuburan yang tinggi dan mudah mendapatkan mata pencaharian seperti kawasan sepanjang bantaran sungai, daerah pegunungan, pantai, lembah dan lereng gunungapi, sehingga senantiasa menggoda manusia secara turum temurun untuk berdomisili pada kawasan tersebut sekalipun mereka menyadari bahwa daerah tersebut rawan bencana.

Perkembangan penduduk yang lajunya sangat cepat menyebabkan lahan-lahan rawan berubah menjadi tempat tinggal dan lahan usaha, menjadikan resiko bencana semakin bertambah besar. Salah satunya akan menyebabkan bencana sedimen, sedimentasi merupakan proses mengendapnya hasil erosi di daerah hilirnya, yang dapat menyebabkan pendangkalan sungai yang dapat

mengakibatkan banjir. Bencana yang diakibatkan erosi dan sedimentasi sifatnya tidak langsung dan membutuhkan waktu yang cukup lama.

Erosi dan sedimentasi disamping dapat menyebabkan terjadinya banjir, rusaknya jaringan irigasi serta drainasi, juga dapat membawa dampak pada kesehatan dan kesejahteraan masyarakat. Adapun erosi yang terjadi di sungai dapat mengakibatkan rusak atau tidak berfungsinya bangunan-bangunan yang berada di sepanjang sungai seperti bendung, instalasi pembangkit listrik, jembatan dan lain lain.

Sedimentasi dan erosi adalah dua kejadian yang tidak dapat dipisahkan. Tanah yang tererosi akan terbawa arus sehingga menimbulkan suatu endapan. Namun angkutan sedimen pada daerah sungai gunung berapi berbeda dengan sungai biasa karena mengandung material dari letusan gunung. Sedimentasi dari letusan gunung berapi merupakan hal serius yang perlu diperhatikan, karena hal ini dapat menimbulkan daya rusak yang cukup tinggi.

Proses sedimentasi meliputi proses erosi, angkutan (*transportation*), pengendapan (*deposition*) dan pemadatan (*compaction*) dari sedimen itu sendiri. Proses tersebut berjalan dengan kompleks, dimulai dari jatuhnya hujan yang menghasilkan energi kinetik yang merupakan permulaan proses erosi. Begitu tanah menjadi partikel halus, lalu menggeling bersama aliran, sebagian akan tertinggal di atas tanah sedangkan bagian lainnya masuk sungai terbawa aliran menjadi angkutan sedimen. Bentuk, ukuran dan beratnya partikel tanah tersebut akan menentukan jumlah besarnya angkutan

sedimen. Maka angkutan sedimen berkaitan erat dengan proses erosi.

Terdapat beberapa metode yang digunakan untuk memprediksi erosi, salah satunya adalah metode USLE. Metode USLE mempunyai kelebihan yaitu pengolahan datanya yang sederhana, sehingga mudah dihitung secara manual maupun menggunakan alat bantu program komputer (*software*).

Banyak upaya - upaya yang telah dilakukan oleh pemerintah untuk menanggulangi aliran lahar dingin, salah satunya adalah dengan membangun sabo dam. Sabo dam merupakan bangunan pengendali sedimen yang dibangun untuk mengendalikan dan mengurangi dampak kerusakan akibat lahar dingin. Sabo dam juga berfungsi untuk menampung sedimen dalam kapasitas tertentu.

PU-C Seloiring merupakan sabo dam yang dibangun pada tahun 2015 di Kali Putih. Sabo dam ini merupakan sabo dam tipe terbuka yang juga berfungsi untuk menghambat aliran debris sekaligus mencegah gerakan laju sedimen agar tidak membahayakan dan menimbulkan kerugian. Oleh karena itu tugas akhir ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas sabo dam dalam mengendalikan volume sedimen.

B. Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang dikaji dalam upaya evaluasi kapasitas sabo dam ini adalah sebagai berikut :

1. Berapa estimasi laju erosi yang terjadi di Sub-DAS Kali Putih ?
2. Berapa estimasi volume sedimen yang terjadi di Kali Putih ?
3. Bagaimana kemampuan sabo dam PU-C Seloiring dalam menampung volume sedimen ?

C. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui laju erosi potensial dengan metode U.S.L.E.

2. Mengetahui besar volume sedimen.
3. Mengetahui volume sedimen yang dapat dikontrol di sabo dam.

D. Batasan Masalah

Sebagaimana pokok dari pembahasan Tugas Akhir ini yaitu evaluasi kapasitas sabo dam dalam usaha mitigasi bencana sedimen Merapi, menyangkut aspek yang luas, sehingga diperlukan batasan batasan dan asumsi tertentu agar dicapai hasil yang optimal. Batasan-batasan dan asumsi awal tersebut, antara lain :

1. Lokasi penelitian yang dilakukan berada di Kali Putih, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah.
2. Sub-DAS yang dibuat dengan batas hilir DAS merupakan sabo dam PU-C Seloiring.
3. Data curah hujan didapatkan di stasiun sekitar sub DAS kali Putih, yaitu stasiun hujan Ngandong dan stasiun hujan Pucanganom yang menggunakan data curah hujan bulanan maksimum dari tahun 2010-2015. Data yang hilang atau *error* tidak diperhitungkan.
4. Kondisi dan kapasitas daya tampung sabo dam dianggap dalam kondisi baik atau daya tampung sesuai rencana.

E. Keaslian Penelitian

Penelitian yang membahas tentang sedimen dan sabo dam di Kali Putih, Merapi sudah pernah dilakukan salah satunya oleh Andre Wisoyo (2012) yang berjudul “ANALISIS UNJUK KERJA SABO DAM SEBAGAI BANGUNAN PENGENDALI SEDIMEN DI KALI PUTIH, MERAPI”. Andre Wisoyo (2012) dalam tesisnya mengkaji mengenai sabo dam dengan menggunakan *software* kanako ver.2.04. Dalam penelitiannya meninjau bangunan sabo PU-D1 Mranggen dan PU-C Nganglik. Dalam penelitiannya disimpulkan bahwa bangunan sabo PU-D1 mampu mengurangi volume total yang lewat sebesar 43.998,6 m³ atau sebesar 1,53

% selama 5 jam, dan mampu mengurangi volume total yang lewat sebesar 28.482 m³ atau sebesar 52,59 % selama 5 jam, bangunan sabo PU-C8 Ngaglik mampu mengurangi volume total yang lewat sebesar 255,6 m³ atau sebesar 0,01 % selama 5 jam, dan mampu mengurangi volume sedimen yang lewat sebesar 124,8 m³ atau sebesar 0,33 % selama 5 jam, sedangkan bangunan PU-D1 Mranggen dan PU-C8 Ngaglik secara bersama-sama mampu mengurangi volume total yang lewat sebesar 2340,6 m³ atau sebesar 0,08 % selama 5 jam, dan mampu mengurangi volume sedimen yang lewat sebesar 157,8 m³ atau sebesar 0,41 % selama 5 jam. Berbeda dengan penelitian yang saya lakukan, Dimana Andre Wisoyo menganalisis laju sedimen dan saya menganalisis kapasitas daya tampung sabo dam dan memprediksi besar volume sedimen potensial yang terjadi akibat erosi dengan menggunakan metode USLE di Kali Putih dengan tinjauan bangunan sabo PU-C Seloiring.

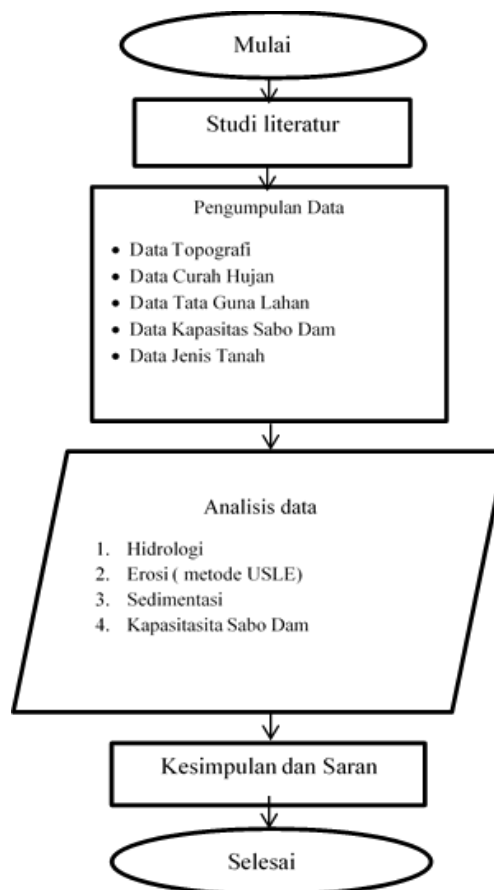
METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Penelitian tentang evaluasi kapasitas sabo dam dalam usaha mitigasi bencana sedimen di Merapi ini dilakukan di Kali Putih, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah, dengan tinjauan bangunan sabo PU-C Seloiring dengan koordinat UTM $x=424382.634$ $y=9159566.854$.

B. Bagan Alir

Penelitian ini dilakukan dengan analisis dengan rumus empiris dan menggunakan *Software* ArcGIS 10.1. terhadap parameter yang digunakan yaitu dari data topografi, data jenis tanah, data curah hujan dan data tataguna lahan yang berlokasi di Sub-DAS Kali Putih. Bagan alir penelitian ditunjukkan pada Gambar sebagai berikut :



Gambar 1 Bagan Alir Penelitian

C. Pengumpulan Data

Dalam melakukan analisis laju erosi dan sedimentasi potensial diperlukan beberapa data. Data yang diperoleh berupa data sekunder. Yang mana data sekunder merupakan data yang didapat dari berbagai instansi instansi terkait diantaranya sebagai berikut:

1. Data curah hujan

Data curah hujan diperoleh dari Balai Sabo Yogyakarta. Data yang didapat merupakan data curah hujan harian pada stasiun hujan Ngandong dan Stasiun hujan Pucanganom

2. Data topografi

Data topografi diperoleh dari PPK Merapi (Penjabat Pembuat Komitmen Merapi).

3. Data tataguna lahan

Data tataguna lahan diperoleh dari PPK Merapi (Penjabat Pembuat Komitmen Merapi). Data yang

diperoleh merupakan sebuah peta penutup tanah dan pengolahan tanah pada masing-masing penggunaan lahan tersebut

4. Data jenis tanah

Data jenis tanah diperoleh dari BPDAS Progo-Serayu-Opak. Data yang diperoleh merupakan data peta jenis tanah pada DAS progo.

5. Data kapasitas sabo dam

Data kapasitas sabo dam didapatkan dari Balai Sabo Yogyakarta, Kapasitas bangunan sabo adalah kemampuan bangunan tersebut untuk menampung dan mengalirkan sedimen. Kapasitas sabo dam adalah daya tampung dan control terhadap aliran sedimen

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi untuk mencari nilai curah hujan bulanan rata-rata. Contoh perhitungan yang diambil adalah rata rata curah hujan tahun 2010-2015 bulan januari pada stasiun ngandong adalah 601.4 mm dan stasiun pucanganom adalah 195.93 mm, jadi total curah hujan pada bulan januari adalah 797.33mm kemudian dibagi dengan banyaknya stasiun hujan, maka didapat hasilnya sebesar 398.67 mm. Hasil perhitungan Tabel berikut :

Tabel 1. Perhitungan Curah Hujan Rata-rata Bulanan

BULAN	Sta.Ngandong	Sta.Pucanganom	R rata rata
JAN	601,40	195,93	398,66
FEB	400,20	133,80	267,00
MAR	512,00	187,63	349,81
APR	402,94	108,86	255,90
MEI	334,80	82,20	208,50
JUNI	71,580	72,86	72,22
JULI	51,90	33,06	42,48
AGT	39,02	14,20	26,61
SEP	118,30	68,00	93,15
OKT	214,80	101,26	158,03
NOV	516,96	88,20	302,58
DES	670,36	106,46	388,41

Total	2563,39
Rata rata	213,62

(sumber sta.Ngandong dan sta. Pucanganom)

B. Analisis Erosi

Pada analisis erosi menggunakan metode USLE yang menggunakan parameter-parameter sebagai berikut :

1. Analisis Faktor Erosivitas

Faktor erosivitas menjadi salah satu faktor penentu nilai erosi dan sedimentasi. Contoh perhitungan faktor erosivitas menggunakan rumus energi kinetik sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 E &= 14,374 R^{1,075} \\
 &= 14,374 \times 398,67^{1,075} \\
 &= 8979,110369 \text{ ton.M/ha cm.}
 \end{aligned}$$

Tabel 2. Perhitungan Energi Kinetik

BULAN	R rata rata (mm)	E ton.M/ha.Cm.
JAN	398,66	8979,11
FEB	267,00	5835,48
MAR	349,81	7802,00
APR	255,90	5575,18
MEI	208,50	4473,18
JUNI	72,22	1431,05
JULI	42,48	808,93
AGT	26,61	489,21
SEP	93,15	1881,26
OKT	158,03	3320,72
NOV	302,58	6675,53
DES	388,41	8731,17
Total	2563,38	56002,86
Rata rata	213,61	4666,90

(sumber : Perhitungan)

2. Analisis Faktor Erodibilitas

Faktor erodibilitas tanah menggunakan prakiraan besarnya nilai K untuk jenis tanah di daerah tangkapan air (Lembaga Ekologi, 1979) besarnya nilai K berdasarkan jenis tanah dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 3. Faktor Erodibilitas Tanah

No	Jenis Tanah	K
1	Association Brown Andosol and Red-	0,271

	<i>Brown Latosol</i>	
2	<i>Complex Grey Regosol and Lithosol</i>	0,172
3	<i>Grey-Brown Regosol</i>	0,271

(sumber : BPDAS Serayu-Opak-Progo)

3. Analisa Faktor Ls

Faktor kemiringan lahan (Ls) membutuhkan data topografi. Sebagai contoh di ambil perhitungan dengan elevasi 500-600, diambil panjang rata rata (L) antara elevasi tersebut yaitu sebesar 737,5 m sehingga :

$$S = \text{interval} / L$$

$$S = 100 / 737,5 = 0.135$$

Untuk nilai S = 13,5 %, maka nilai Ls adalah :

$$LS = \left(\frac{L}{22.1} \right)^{0,6} \times \left(\frac{S}{g} \right)^{1,4}$$

$$LS = \left(\frac{737,5}{22.1} \right)^{0,6} \times \left(\frac{13.5}{g} \right)^{1,4}$$

$$= 0.0204$$

Perhitungan seluruhnya dapat dilihat pada Tabel sebagai berikut :

Tabel 4 Perhitungan Nilai Faktor Ls

No	Elevasi	Panjang (m)	S	S (%)	LS
1	> 1755	737,5	0,1355	13,55	12,90
2	1755-1700	131	0,4198	41,98	22,26
3	1700-1600	240	0,4166	41,66	31,68
4	1600-1500	235	0,4255	42,55	32,22
5	1500-1400	397	0,2518	25,18	21,18
6	1400-1300	617	0,1620	16,20	14,88
7	1300-1200	619	0,1615	16,15	14,84
8	1200-1100	677	0,1477	14,77	13,82
9	1100-1000	738,5	0,1354	13,54	12,89
10	1000-	980	0,1020	10,20	10,28

	900				
11	900-800	1303,5	0,0767	7,67	8,18
12	700-800	1554	0,0643	6,43	7,10
13	600-700	1880	0,0531	5,31	6,10
14	500-600	2315,5	0,0431	4,31	5,16
15	417.5-500	2305	0,0357	3,57	3,96

(sumber : Perhitungan)

4. Faktor Penggunaan Lahan dan Pengelolaan Tanah (CP)

Faktor CP pada penelitian ini diambil dari data tataguna lahan. Jika Faktor C dan P digabungkan maka kriteria penggunaan dan besarnya nilai CP dapat dilihat pada Tabel 5 dan tataguna lahan pada daerah penelitian dapat dilihat pada Tabel 6, sebagai berikut:

Tabel 5 Faktor Penggunaan Lahan dan Pengelolaan Tanah (CP)

NO	Penggunaan Lahan	Faktor CP
1	Pemukian	0.60
2	Kebun campuran	0.30
3	Sawah	0.05
4	Tegalan	0.75
5	Perkebunan	0.40
6	Hutan	0.03
7	Padang rumput	0.07

(sumber : RLKT (Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah), Buku II 1986)

Dan contoh perhitungan nilai CP', pada elevasi <1755 sebagai berikut :

$$CP' = \frac{\text{total CP}}{\text{Total catchment area}} = \frac{4,22}{10,28} = 0,41$$

Penelitian Sub-DAS Kali Putih

Keterangan :

<i>Bushes</i>	= Kebun campuran
<i>Bareland</i>	= Tegalan
<i>Residential area</i>	= Pemukiman
<i>Irrigated paddy field</i>	= Sawah
<i>Dry land</i>	= Tegalan

Plantation = Perkebunan
 Forest = Hutan
 Grass = Padang rumput

Setelah parameter-parameter dihitung dan ditentukan, kemudian faktor-faktor tersebut dihitung menggunakan rumus dari metode USLE, dengan contoh perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A &= E \times K \times L_s \times CP \\ &= 4.666,9 \times 0,271 \times 12,91 \times 0,41 \\ &= 6696,07 \text{ ton/ha/th} \end{aligned}$$

C. Analisis Sedimen

Pada analisis sedimen ini menghitung nilai SDR dan volume sedimen potensial.

1. Sediment deliveri ratio (SDR)

Dihitung dengan menggunakan metode (Williams dan Bernrd, 1972). Dengan contoh perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} SDR &= 0,41 A_{\text{das}}^{-0,3} \\ &= 0,41 \times 1594,257^{-0,3} \\ &= 0.0448 \end{aligned}$$

2. Laju sedimen potensial

Laju sedimen yang terjadi adalah, berikut contoh perhitungannya :

$$\begin{aligned} \text{Spot} &= A \times SDR \\ &= 104.935,97 \times 0,0448 \\ &= 4711,62 \text{ ton/ha/tahun} \end{aligned}$$

Jadi, total laju sedimen potensial yang terjadi pada Sub-DAS Kali Putih dengan luas DAS 1.594,26 ha sebesar 7.511.508,08 ton/tahun. Lalu diasumsikan sedimen berupa tanah, pasir dan kerikil dengan berat jenis rata rata 2,66. Maka, volume total sedimen adalah :

$$\begin{aligned} \text{Volume sedimen} &= \frac{\text{Laju sedimen}}{\text{Berat Jenis sedimen}} \\ &= \frac{7.511.508,08}{2,66} \\ &= 2.823.875,218 \text{ m}^3/\text{tahun} \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan erosi dan sedimen dengan metode USLE dapat dilihat pada Tabel 7 (Lampiran).

D. Kapasitas Sabo Dam

Kapasitas sabo dam pada Sub-DAS Kali Putih, sebagai berikut :

Tabel 8 Kapasitas Bangunan Sabo di Kali Putih

Nama Bangunan Sabo	Daya Tampung		
	Dead Storage	Control Volume	Total
	m ³	m ³	m ³
PU-D5 (Salamsari)	34.188	17.325	51.513
PU-D4 (Salamsari)	196.617	96.786	293.403
PU-D3 (Salamsari)	82.176	41.422	123.598
PU-C14 (Gejungan I)	3.219	1.610	4.829
PU-C13 (Gejungan II)	2.312	1.156	3.468
PU-D2 (Mranggen)	47.873	23.936	71.809
PU-D1 (Mranggen)	25.721	12.796	38.517
PU-C11/12 (Gremeng)	28.796	14.576	43.371
PU-C10 (Ngepos)	7.461	3.762	11.223
PU-C9 (Cabe Lor)	16.484	8.316	24.800
PU-RD1	4.309	46.660	50.969
PU-RD2	3.697	46.387	50.085
PU-RD3	3.015	19.718	22.733
PU-RD4	24.249	12.044	36.293
PU-RD5	24.621	12.229	36.849
PU-C8A (Srumbung)	1.784	10.373	12.157
PU-RD6	73.440	36.720	110.160
PU-RD7	73.440	36.720	110.160
PU-C8 (Ngaglik)	989	506	1.495
Total	654.391	443.041	1.097.432

(sumber : Balai Sabo Yogyakarta)

Dan kapasitas PU-C Seloiring adalah :

$$\begin{aligned} \text{Tampungan tetap / mati :} \\ V_a &= 1,5 (0,67 \cdot i \cdot h^2 \cdot B) \\ &= 1,5 (0,67 \cdot 10 \cdot 9^2 \cdot 85,5) \end{aligned}$$

$$= 69.601 \text{ m}^3$$

Tampungan kontrol :

$$V_a = 1,5 (0,40 \cdot i \cdot h^2 \cdot B)$$

$$= 1,5 (0,67 \cdot 10 \cdot 9^2 \cdot 85,5)$$

$$= 41.553 \text{ m}^3$$

Total volume PU-C Seloiring :

$$V_a + V_b = 69.601 + 41.553$$

$$= 111.154 \text{ m}^3$$

Total kapasitas PU-C Seloiring Sebesar 111.154 m^3 , dan volume sedimen yang terlimpas ke sabo dam PU-C Seloiring adalah :

Dan volume sedimen yang terlimpas ke sabo dam PU-C Seloiring adalah :

Vol.sedimen limpasan = Vol.sedimen potensial – Daya tampung mati sabo dam

$$= 2.823.875,218 - 654.391$$

$$= 2.169.484,22 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

Maka , $\frac{\text{Daya Tampung tetap}}{\text{Volume sedimen limpasan}} =$

$$\frac{69.601}{2.169.484,22} \times 100\% = 3,2 \text{ \% /tahun}$$

Kesimpulan

Berdasarkan data serta hasil analisis dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Laju erosi potensial di Sub-DAS Kali Putih dengan menggunakan perhitungan metode USLE adalah $72.370.054 \text{ ton/ha/tahun}$.
2. Besar volume sedimen di Sub-DAS Kali Putih berdasarkan nilai erosi sebesar $1.220.937,96 \text{ m}^3/\text{tahun}$
3. Sabo dam PU-C Seloiring mampu menampung $12,29 \text{ \%}$ sedimen per tahun.

Saran

1. Perlunya penambahan sabo dam atau bangunan sabo pada hilir PU-C Seloiring untuk mengatasi limpasan sedimen yang tidak mampu ditampung sabo dam PU-C Seloiring.
2. Melakukan rehabilitasi dan pengerukan berkala untuk menjaga kondisi dan daya tampung sabo dam agar tetap dalam kondisi baik dan mampu menampung sedimen.
3. Melakukan penelitian lebih mendalam dalam usaha mitigasi bencana sedimen.

DAFTAR PUSTAKA

Anjariwibowo, Nanda, Salamun dan Hary Budienny. 2012. Perencanaan Sabo dam Kali Putih (KM 16,7). Universitas Diponegoro. Semarang.

Asdak, Chay. 2007. Hidrologi dan Pengelolaan DAS. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

Cahyono, Joko. 2000. *Pengantar Teknologi Sabo.*

Gunawan, Rizal dan Darmono. 2015. Studi Kasus Imbangan Angkutan Sedimen di Kali Putih. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.

Ikhsan, Jazaul. 2012. *A New Approach for Effect Evaluation of Sediment Management.* Jurnal, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.

Ikhsan, Jazaul. Dan Fahmi, Arizal A. 2015. *Studi Pengaruh Banjir Lahar Dingin Terhadap Perubahan Karakteristik Material Dasar Sungai.* Jurnal, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.

Junaidi, Aprisal. 2010. *Prediksi Erosi dan Sedimentasi Pada Berbagai Penggunaan Lahan di sub DAS Danau Limau Manis pada DAS Kuranji Kota Padang.* Jurnal, Ilmu Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, Padang.

Marseli, Yusti. 2015. *Analisis Laju Erosi Pada Daerah Tangkapan Waduk Sermo Menggunakan Metode USLE.* Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.

Muchlis, Hendra. 2013. *Kajian Sedimentasi Rencana Bangunan Penahan Sedimen Sungai Kapur Kecil.* Jurnal. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Riau

Rahman, Abdul. 2008. *Prediksi Erosi dengan Menggunakan Metode USLE dan Sistem Informasi Geografis (SIG) Berbasis Pixel di Daerah Tangkapan Air Danau Buyan.* Universitas Udayana, Denpasar.

Setyadi, Hartomo. 2012. *Analisis Kemampuan Bangunan Sabo Dalam Mengendalikan Sedimen di Sungai Pabelan.* Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.

Triatmojo, B. 2008. *Hidrologi Terapan.* Yogyakarta : Beta Offset.