

# EVALUASI KAPASITAS SABO DAM TERHADAP PENGARUH EROSI LAHAN SUB-DAS GENDOL DI GE-C GADINGAN

Dika Erdiyawan<sup>1</sup>, Bambang Sulistiono<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: [14511303@students.uii.ac.id](mailto:14511303@students.uii.ac.id)

<sup>2</sup>Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: [bambangsulis@uui.ac.id](mailto:bambangsulis@uui.ac.id)

**Abstract:** *Gendol River has always been impacted by the potential hazard of Mount Merapi. Pyroclastic flows had directly harmed to various sectors. After the 2010's eruption also occurred flood of volcanic debris. This flood damaged infrastructure sector including roads, bridges, irrigation channels, weirs, sabo dams, and drinking water pipe networks that was estimated a total amount of 196,3 billion rupiahs. The volcanic material from the eruption nowadays still remains sediment hazard to the ecosystem. Sabo dam is built to restrain the water and volcanic debris flow and also to control sedimentation along river. Sabo dam holds certain volume of sediment. Therefore, this research was conducted to evaluate sabo dams' storage capacity in Gendol River on controlling sediment. Sedimentation in this research is limited only due to land erosion of 11,48 km<sup>2</sup> area of Gendol sub-watershed. The research method used to estimate erosion is Universal Soil Loss Equation based on ArcGIS 10.3. Rainfall, soil type, topography, land coverage and conservation are data obtained from governmental relevant agencies. This research results an estimation of 148.418,57 ton/ha/yr land erosion in Gendol sub-watershed. Only 14,27% is estimated to be sediment equal to 9.007.356,15 m<sup>3</sup>/yr by assuming sediment's weight density of 2,70 ton/m<sup>3</sup>. While the total capacity of all sabo dams where GE-C Gadingan as the lowest point has only 1.806.139,11 m<sup>3</sup> of volume. This number of storage capacity is less than the sediment production in a year. So, this study concluded that the sabo dams are unable to accommodate the sedimentation rate and due of that 7.201.217 m<sup>3</sup> will be discharged downstream through GE-C Gadingan.*

**Keywords:** *volcanic material, sedimentation, Gendol sub-watershed, sabo dam capacity.*

## 1. PENDAHULUAN

Erupsi Gunung Merapi tahun 2010 meluncurkan awan panas sejauh 17 km melalui Sungai Gendol dan mengakibatkan korban dan kerugian yang sangat besar terkonsentrasi di Kecamatan Cangkringan serta sebagian kecil Kecamatan Ngemplak (Paramita, 2011). Selain bahaya awan panas, terdapat potensi banjir lahar dingin (*debris flow*) yang merupakan material hasil erupsi. Fenomena ini dapat membawa bencana di sepanjang alur sungai yang dilalui.

Data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) untuk Provinsi DIY erupsi

Gunung Merapi tahun 2010 merusak 2.636 rumah warga di enam desa di Kabupaten Sleman dan sampai Maret 2011 bertambah menjadi 2.682 rumah akibat dampak banjir lahar dingin. Ditaksir kerusakan dan kerugian pada sektor perumahan mencapai total Rp. 477,7 milyar. Adapun tercatat kerusakan senilai Rp. 196,3 milyar di sektor infrastruktur (BNPB dalam Paramita, 2011).

Peristiwa banjir lahar dingin pasca erupsi Merapi tahun 2010 tak luput merusak bangunan sabo dam di hulu Sungai Gendol. Bangunan sabo dam tersebut direhabilitasi melalui program *ICB Civil Works Package No. 2 Construction of Sand Pocket in*

*Gendol River* dan selesai pengerjaannya pada Februari 2018 (Erdiyawan, 2017). Selain untuk mengakomodasi material vulkanik berupa aliran lahar dingin, sabo dam juga diharapkan mampu mengontrol sedimentasi yang terjadi di DAS di mana sabo dam berada.

Sedimentasi tidak terlepas dari erosi. Keduanya adalah dua fenomena yang tidak dapat dipisahkan. Proses erosi secara berurutan adalah pengelupasan, pengangkutan, dan pengendapan. Secara umum, terjadinya erosi ditentukan oleh faktor iklim (terutama intensitas hujan), topografi, karakteristik tanah, vegetasi penutup tanah dan tata guna lahan. Keempat faktor tersebut digunakan untuk menentukan besarnya erosi suatu daerah aliran sungai yang diformulasikan dalam suatu persamaan universal (*Universal Soil Loss Equation*, USLE). Metode USLE merupakan salah satu metode yang banyak diterapkan untuk memprediksi besarnya erosi lahan suatu daerah aliran sungai.

Upaya pemerintah untuk menanggulangi bencana sedimen Gunung Merapi adalah dengan membangun sabo dam di beberapa titik sungai-sungai yang berhulu di Gunung Merapi. Sabo dam merupakan bangunan pengendali sedimen yang dibangun untuk mengendalikan dan utamanya mengurangi dampak kerusakan akibat lahar dingin. Sabo dam juga berfungsi untuk menampung sedimen dalam kapasitas tertentu. Oleh karena itu perlu dievaluasi kapasitas sabo dam dalam menampung sedimen akibat erosi lahan yang terjadi. Pada penelitian ini diambil sub-DAS Gendol dengan batas hilir sabo dam GE-C Gadingan sebagai wilayah penelitian. Selain itu, tujuan penelitian ini adalah mengetahui estimasi laju erosi yang terjadi di sub-DAS Sungai Gendol, mengetahui estimasi volume sedimen potensial yang terjadi di sub-DAS Sungai Gendol, dan mengetahui kapasitas sabo dam GE-C Gadingan dalam menampung sedimen di Sungai Gendol.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah pada sabo dam yang terletak di hulu Sungai Gendol, Cangkringan, Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Peta Lokasi Penelitian

### 2.2 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari data kearsipan instansi-instansi terkait. Adapun data sekunder adalah sebagai berikut.

- Data curah hujan digunakan untuk menghitung faktor erosivitas hujan ( $R$ ). Erosivitas hujan merupakan tenaga pendorong terjadinya erosi baik karena pengaruh jatuhnya butir-butir hujan di atas tanah serta sebagian disebabkan aliran permukaan (*run-off*). Adapun data curah hujan didapat dari Balai Sabo Yogyakarta.
- Data topografi digunakan untuk menghitung faktor panjang ( $L$ ) dan kemiringan lereng ( $S$ ) serta luas sub-DAS. Faktor  $LS$  menggambarkan pengaruh panjang dan kemiringan lereng terhadap besarnya erosi yang terjadi.  $L$  adalah jarak ke bawah lereng mulai dari titik terjadinya aliran permukaan di sebelah atas sampai dengan titik aliran permukaan tersebut masuk ke sungai/saluran atau titik dimana terjadi deposisi hasil erosi. Data topografi diperoleh dari Pejabat Pembuat Komitmen Pengendalian Lahar (PPK PL) Merapi.

- c. Data jenis tanah digunakan untuk menentukan faktor erodibilitas tanah (K), di mana menunjukkan resistensi tanah terhadap penglepasan dan pengangkutan partikel-partikel tanah dari energi kinetik curah hujan. Secara umum tanah yang agregatnya lebih besar cenderung resisten terhadap curah hujan dan *run-off*. Data jenis tanah diperoleh dari Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS) Serayu-Opak-Progo Yogyakarta.
- d. Data tataguna lahan digunakan untuk menentukan faktor pengolahan tanah (C) dan faktor konservasi lahan (P). Secara umum, faktor C menunjukkan keseluruhan pengaruh dari vegetasi, seresah, permukaan tanah, dan aktivitas pengolahan lahan terhadap terjadinya erosi. Sedangkan faktor P merupakan perbandingan antara besarnya erosi pada lahan konservasi terhadap lahan tanpa konservasi. Tindakan konservasi antara lain pembuatan teras, penanaman sejajar kontur, rotasi tanaman, dan pemupukkan. Data tataguna lahan diperoleh dari BPDAS Serayu-Opak-Progo.
- e. Data teknis sabo dam berupa gambar teknis sabo dam digunakan untuk menghitung daya tampung sedimen. Data teknis sabo dam di sub DAS Sungai Gendol diperoleh dari PPK PL Merapi.

### 2.3 Prosedur Analisis Data

Dari data-data sekunder yang diperoleh kemudian dilakukan analisis dan perhitungan hidrologi, pendugaan laju sedimen hasil erosi, dan evaluasi kapasitas tampungan sabo dam di sub-DAS Sungai Gendol. Prosedur analisis data dijabarkan seperti di bawah ini.

#### 2.3.1 Prosedur Analisis Hidrologi

Di daerah penelitian sub-DAS Sungai Gendol terdapat tiga stasiun hujan terdekat yaitu stasiun Ngandong, Sorasan, dan Plosokerep serta satu stasiun referensi Randugunting. Data hujan yang tidak

lengkap/hilang diestimasi dengan metode resiprokal dengan rumus Persamaan 1 menurut Harto (1993) dalam Fahmi (2015).

$$P_x = \frac{\frac{1}{(D_{xA})^2} P_A + \frac{1}{(D_{xB})^2} P_B + \dots + \frac{1}{(D_{xn})^2} P_n}{\frac{1}{(D_{xA})^2} + \frac{1}{(D_{xB})^2} + \dots + \frac{1}{(D_{xn})^2}} \quad (1)$$

dengan  $P_x$  = curah hujan yang dicari,  $P_A, P_B, P_n$  = curah hujan stasiun referensi (A, B, ..., n), dan  $D_{xA}, D_{xB}, D_{xA}$  = jarak stasiun x terhadap stasiun referensi (A, B, ..., n).

Perhitungan curah hujan wilayah menggunakan metode rerata aljabar dan poligon Thiesen (Sosrodarsono, 1978) berurutan sesuai rumus Persamaan 2 dan 3.

$$R' = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n} \quad (2)$$

$$R' = \frac{R_1 A_1 + R_2 A_2 + R_3 A_3 + \dots + R_n A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad (3)$$

dengan  $R'$  = curah hujan wilayah bulanan (mm),  $R_1, \dots, R_n$  = curah hujan pada masing-masing stasiun (mm),  $A_1, \dots, A_n$  = luas daerah yang mewakili masing-masing stasiun, dan  $n$  = banyaknya stasiun hujan. Curah hujan rata-rata ini kemudian digunakan untuk menghitung faktor erosivitas hujan.

#### 2.3.2 Pendugaan Laju Sedimen

##### a. Faktor erosivitas hujan (R)

Faktor erosivitas hujan dihitung dengan rumus empiris yang dikembangkan Bols (1978) dalam Luliro (2013) untuk penelitiannya di Indonesia berjudul *The Iso-erodent Map of Java and Madura*.

$$R = \frac{2,5P^2}{100(0,073P + 0,73)} \quad (4)$$

dengan  $P$  = curah hujan wilayah tahunan (mm).

Perhitungan faktor R menggunakan data curah hujan rata-rata yang telah dihitung pada analisis hidrologi.

- b. Faktor panjang (L) dan kemiringan lereng (S)

Secara praktis faktor LS menggunakan rumus Persamaan 5 ( $S < 20\%$ ) dan Persamaan 6 ( $S > 20\%$ ) menurut Wischmeier dan Smith (1978) dalam Asdak (1995) di mana komponen L dan S diintegrasikan menjadi faktor LS.

$$LS = \frac{\sqrt{L}}{100} (1,38 + 0,965S + 1,38S^2) \quad (5)$$

$$LS = \left(\frac{L}{22,1}\right)^{0,6} \left(\frac{S}{g}\right)^{1,4} \quad (6)$$

dengan  $g =$  percepatan gravitasi bumi ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ).

- c. Faktor erodibilitas tanah (K)

Faktor erodibilitas tanah ditentukan berdasarkan jenis tanah yang berada di daerah penelitian yang dicocokkan menggunakan Tabel 1 dikeluarkan oleh Puslitbang Pengairan Bogor (1985) dalam Dewi (2017).

Tabel 1 Nilai Erodibilitas Tanah (K)

No.	Jenis Tanah	K
1	Latosol	0,075
2	Aluvial	0,156
3	Complex brown regosol and lithosol	0,172
4	Brown lathosol	0,175
5	Grunosol	0,176
6	Association of lithosols and red mediterranean	0,251
7	Association of lithosols and reddish brown lathosols	0,251
8	Association of brown andosol and red brown lathosols	0,271
9	Andosol and regosol	0,271
10	Grey brown regosol	0,271
11	Andosol	0,278
12	Regosol	0,301
13	Complex of grey regosols and dark grey grumusols	0,302

- d. Faktor pengolahan tanah (C) dan konservasi lahan (P)

Faktor erodibilitas tanah ditentukan berdasarkan tata guna lahan dan upaya konservasi di daerah penelitian yang dicocokkan menggunakan Tabel 2 dari Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah, Buku II (1986) dalam Dewi (2017).

Tabel 2 Pengolahan Tanah dan Konservasi Lahan (CP)

No.	Penggunaan Lahan	Faktor CP
1	Pemukiman	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

- e. Pendugaan erosi lahan (A)

Berdasarkan parameter-parameter tersebut di atas (faktor erosivitas hujan (R), faktor panjang dan kemiringan lereng (LS), faktor erodibilitas tanah (K), faktor pengolahan dan konservasi lahan (CP)) lalu dihitung perkiraan laju erosi yang terjadi di wilayah penelitian dihitung dengan rumus USLE (*Universal Soil Loss Equation*) seperti pada rumus matematis Persamaan 7 menurut Vis. R. dalam Soewarno (2013).

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot CP \quad (7)$$

dengan A = laju erosi lahan (ton/ha/th).

- f. *Sediment Delivery Ratio* (SDR)

Besar SDR adalah nisbah pelepasan sedimen yaitu perkiraan rasio tanah yang terangkut akibat erosi lahan saat terjadinya aliran air permukaan, dihitung menggunakan rumus Persamaan 8 menurut USDA (1972) dalam Olli (2017).

$$SDR = 0,375 \left( A_{DAS} \right)^{-0,135} - 0,127 \quad (8)$$

dengan  $A_{DAS}$  = luas DAS ( $\text{km}^2$ ).

g. *Sediment Yield (SY)*

Laju sedimen potensial yang terjadi (SY) dihitung dengan mengalikan besarnya laju erosi dengan nilai SDR, secara matematis merujuk pada Persamaan 9.

$$SY = SDR \cdot A \cdot A_{DAS} \quad (9)$$

### 2.3.3 Kapasitas Sabo Dam

Efektivitas bangunan sabo dam dapat dilihat dari beberapa aspek antara lain apakah volume tampungan mati (*dead storage*) dan volume sedimen terkendali (*control volume*) pada masing-masing sabo dam telah sesuai rencana, apakah bangunan sabo dam dalam kondisi baik dan stabil, tidak mengalami kerusakan akibat banjir lahar, dan apakah fluktuasi dasar sungai dapat terkendali sesuai dengan rencana (Sumaryono, A., dkk, 2011).

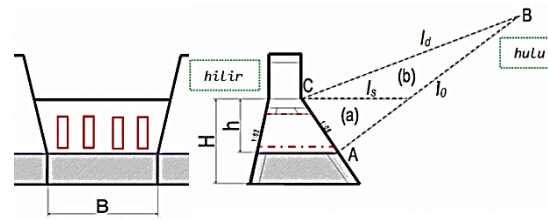
Menurut Kusumobroto (2013) kapasitas tampung bangunan sabo dam merupakan volume yang terbentuk antara kemiringan dasar sungai  $I_0$  dengan kemiringan statis  $I_s$ , sedangkan volume kontrol merupakan volume yang terbentuk oleh kemiringan statis  $I_s$  dengan kemiringan dinamis  $I_d$ .

Besar kapasitas tampung sabo dam (V) menurut Cahyono (2000).

$$V = 0,5HL \left( B + \frac{H}{3} (\cot \alpha + \cot \beta) \right) \quad (10)$$

dengan H = tinggi efektif dam (m), L = panjang sungai terukur (m), B = lebar sungai rata-rata (m), dan  $\alpha, \beta$  = sudut kemiringan tanggul sisi sungai ( $^\circ$ ).

Kapasitas seluruh sabo dam sepanjang hulu Sungai Gendol sampai GE-C Gadingan akan dijumlahkan. Kemudian kapasitas total sabo dam ini dievaluasi terhadap laju sedimentasi yang terjadi (SY). Pada Gambar 2 bagian (a) adalah *dead storage* yaitu volume sedimen yang tertahan di sabo dam yang merupakan fungsi reduksi sabo terhadap produksi sedimen itu sendiri, bagian (b) adalah *control volume* yaitu sedimen yang tertahan



sementara di hulu sabo dam, perlahan-lahan akan terangkut oleh aliran sungai.

Gambar 2 Penampang Melintang (Kiri) dan Memanjang (Kanan) Sabo Dam

Kemampuan tampung ini perlu dievaluasi dalam upaya peningkatan mitigasi bencana sedimen di Sungai Gendol, Sleman, Yogyakarta. Karena sabo dam harus mampu menahan aliran lahar dingin pada debit banjir puncak, dan diharapkan mampu menampung sedimentasi yang terjadi dari tahun ke tahun sesuai umur rencana bangunan tersebut.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Analisis Hidrologi

Terdapat tiga stasiun/pos hujan terdekat dengan wilayah penelitian yaitu Ngandong, Plosokerep, dan Sorasan, serta Randugunting sebagai pos referensi untuk memperkirakan besarnya data hujan yang hilang atau tidak lengkap. Selain itu, letak pos Randugunting tidak berpengaruh dalam poligon Thiessen untuk cakupan sub-DAS Gendol. Seluruh pos hujan berada di luar cakupan sub-DAS Gendol. Dalam analisis hidrologi dilakukan prakiraan curah hujan untuk melengkapi data hujan yang hilang/tidak lengkap pada rentang 2010 sampai 2017 dan dilakukan perhitungan curah hujan wilayah sub-DAS Gendol.

Tabel 3 Data Curah Hujan Bulanan Tahun 2010

Stasiun Hujan	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli
Ngandong	510,0	550,0	684,5	447,5	650,5	109,5	120,5
Plosokerep	-	-	-	-	-	-	-
Sorasan	451,5	254,5	57,5	NR	NR	NR	154,5
Randugunting	146,4	173,4	206,8	77,8	140,4	95,0	59,4

Terdapat data tidak lengkap/hilang bernotasi NR pada Tabel 3. Diketahui jarak antarstasiun adalah Sorasan-Ngandong 12,5 km dan Sorasan-Randugunting 8,7 km.

Contoh memperkirakan besarnya curah hujan bulanan di stasiun Sorasan bulan April 2010 sebagai berikut.

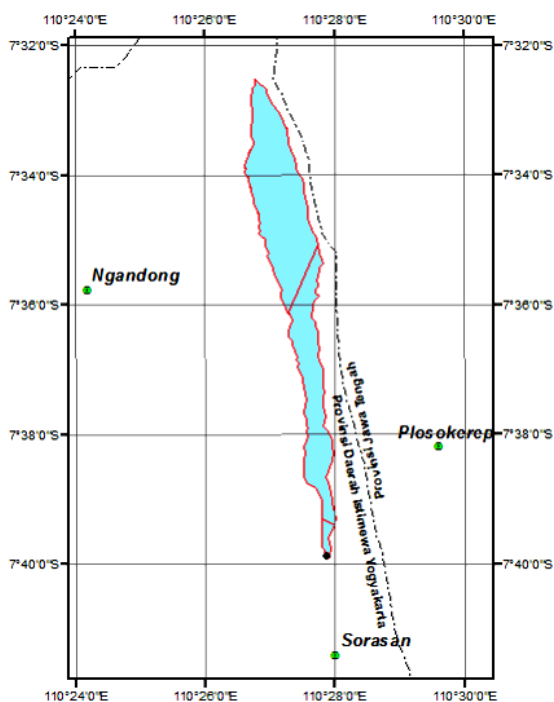
$$P_{April} = \frac{\frac{1}{12,546^2} 447,2 + \frac{1}{8,718^2} 77,8}{\frac{1}{12,546^2} + \frac{1}{8,718^2}} = 198,3 \text{ mm/bln}$$

Selanjutnya dalam analisis hidrologi dilakukan perhitungan curah hujan wilayah. Besarnya presipitasi rata-rata di suatu DAS, dalam kasus ini adalah sub-DAS Gendol, dihitung menggunakan metode rerata aljabar dan poligon Thiessen.

Curah hujan wilayah dengan metode rerata aljabar diterapkan untuk periode 2010-2012. Perhitungan curah hujan wilayah sub-DAS Gendol bulan Januari 2010 dari Tabel 3.

$$R'_{Jan\_2010} = \frac{510 + 451,5}{2} = 480,8 \text{ mm/bln}$$

Poligon Thiessen yang terwakili oleh 3 stasiun hujan untuk menghitung curah hujan wilayah periode 2013-2017 disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3 Poligon Thiessen sub-DAS Gendol

Contoh perhitungan curah hujan wilayah menggunakan poligon Thiessen. Diketahui luas daerah yang mewakili stasiun Ngandong sebesar 684,6 ha, stasiun Plosokerep sebesar 439,3 ha dan stasiun Sorasan sebesar 24,7 ha. Curah hujan bulanan stasiun Ngandong bulan Januari 2013 adalah 897 mm/bln, Plosokerep sebesar 584 mm/ bln, dan Sorasan sebesar 475 mm/ bln. Curah hujan wilayah bulan Januari 2013 adalah,

$$R'_{Jan\_2013} = \frac{897 \cdot 684,6 + 584 \cdot 439,3 + 475 \cdot 24,7}{684,6 + 439,3 + 24,7} = 768,2 \text{ mm/bln}$$

Berikut ini rekapitulasi curah hujan wilayah di daerah penelitian sesuai Tabel 4.

Tabel 4 Curah Hujan Wilayah sub-DAS Gendol Periode 2010-2017 (mm/bln)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Januari	480,8	476,5	367,5	768,2	561,0	582,2	252,7	540,4
Februari	402,3	350,3	274,8	443,7	424,4	455,3	492,9	497,2
Maret	371,0	441,8	144,5	177,1	380,2	517,3	560,1	399,4
April	322,9	346,0	176,5	73,9	327,2	593,8	312,9	418,9
Mei	478,6	407,0	77,3	118,8	222,4	93,3	338,5	148,3
Juni	104,6	8,3	51,0	453,3	120,5	6,0	51,3	90,1
Juli	137,5	21,5	0,5	94,2	78,7	0,0	139,2	20,6
Agustus	165,3	4,3	0,0	12,5	7,0	1,3	105,7	3,2
September	432,5	13,3	2,0	12,5	1,9	0,0	320,3	201,1
Oktober	325,5	98,5	159,5	203,7	1,8	0,0	452,0	424,7
November	229,8	521,3	661,8	411,6	400,3	212,0	695,8	757,1
Desember	533,8	268,5	669,0	593,3	526,8	445,9	394,0	342,0
(mm/th)	3984,3	2957,0	2584,3	3362,8	3052,1	2907,1	4115,4	3843,0

## 3.2 Analisis Pendugaan Sedimen Potensial

### 3.2.1 Analisis Faktor R

Untuk menghitung faktor R digunakan Persamaan 4. Hasil perhitungan faktor R disajikan pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5 Perhitungan Faktor R

Tahun	Curah Hujan Tahunan (mm/th)	Faktor Erosivitas (MJ.mm/jam.ha.th)
2010	3984,3	1361,1
2011	2957,0	1009,3
2012	2584,3	881,6
2013	3362,8	1148,2
2014	3052,1	1041,8
2015	2907,1	992,2
2016	4115,4	1406,0
2017	3843,0	1312,7
Faktor Erosivitas Rata-rata		1144,1

Besar faktor erosiivitas hujan pada tahun 2010 adalah,

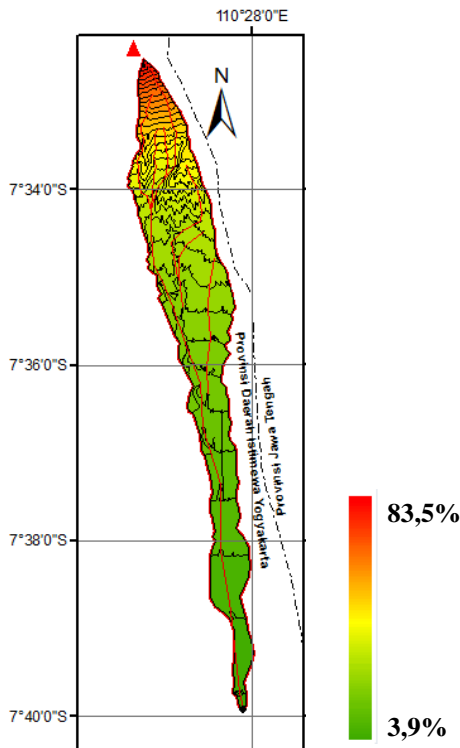
$$R = \frac{2,5 \cdot 3984,3^2}{100(0,073 \cdot 3984,3 + 0,73)}$$

$$= 1.361,1 \text{ MJ.mm/jam.ha.th}$$

Dari Tabel 5 diperoleh faktor R rata-rata dari 2010-2017 sebesar 1144,1 MJ.mm/jam.ha.th.

### 3.2.2 Analisis Faktor LS

Wilayah sub-DAS Gendol merupakan lereng gunung. Elevasi tertinggi adalah 2837,5 mdpl dan letak dam GE-C Gadingan di 412,5 mdpl. Untuk mempermudah pedugaan besarnya erosi lahan, dibuatlah pembagian wilayah (zonasi) kemiringan lereng dengan interval kontur per 75 meter. Zonasi kemiringan lereng di sub-DAS Gendol yang terbagi ke dalam 34 zona kemiringan seperti pada Gambar 4.



Gambar 4 Peta Zonasi Kemiringan Lereng Sub-DAS Gendol

Contoh perhitungan faktor LS untuk interval elevasi 425-500 mdpl diketahui panjang lereng 1704,8 meter adalah sebagai berikut.

$$S = \frac{\Delta}{L} = \frac{500 - 425}{1704,8} = 4,4\%$$

$$LS = \frac{\sqrt{1704,8}}{100} \left( 0,138 \cdot 4,4^2 + 0,965 \cdot 4,4 + 1,38 \right)$$

$$= 3,4$$

Perhitungan faktor LS untuk interval elevasi 2750-2825 mdpl dengan panjang lereng 89,8 meter adalah,

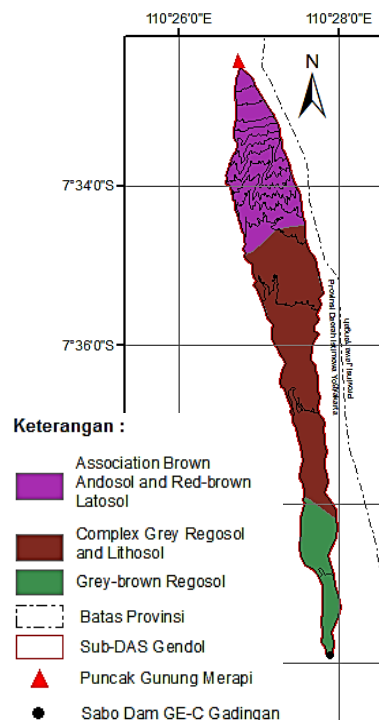
$$S = \frac{\Delta}{L} = \frac{2825 - 2750}{89,8} = 83,5\%$$

$$LS = \left( \frac{89,8}{22,1} \right)^{0,6} \left( \frac{83,5}{9,81} \right)^{1,4} = 46,5$$

Faktor LS untuk interval elevasi 425-500 dan 2750-2825 mdpl berurutan yaitu 3,4 dan 46,5. Faktor LS direkapitulasi di Tabel 6.

### 3.2.3 Analisis Faktor K

Terdapat tiga jenis tanah di sub-DAS Gendol sesuai Gambar 5. Nilai erodibilitas tanah diperoleh dari Tabel 1.



Gambar 5 Peta Jenis Tanah Sub-DAS Gendol

Nilai K untuk jenis tanah *association brown andosol and red-brown lathosols* sebesar 0,271, *complex grey regosol and lithosol*

sebesar 0,172, dan *grey-brown regosol* adalah 0,271.

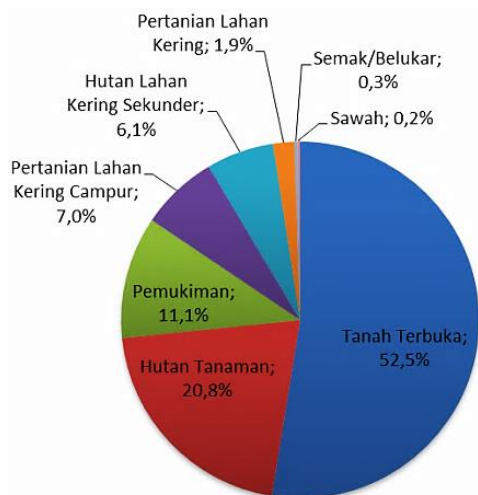
Pada interval 575-650 mdpl, diketahui luas lahan dengan jenis tanah *complex grey regosol and lithosol* adalah 54 ha, dan *grey-brown regosol* seluas 17 ha.

$$K_{575-650} = \frac{54 \cdot 0,172 + 17 \cdot 0,271}{54 + 17} = 0,196 \text{ ton.jam/MJ.mm}$$

Faktor K untuk elevasi interval 575-650 mdpl adalah 0,196 ton.jam/MJ.mm.

### 3.2.4 Analisis Faktor CP

Berdasarkan diagram pada Gambar 6 tata guna lahan di sub-DAS Gendol lebih dari setengah wilayahnya berupa tanah terbuka. Hutan tanaman mengisi 20,8%, pemukiman 11,1%, dan lain-lain.



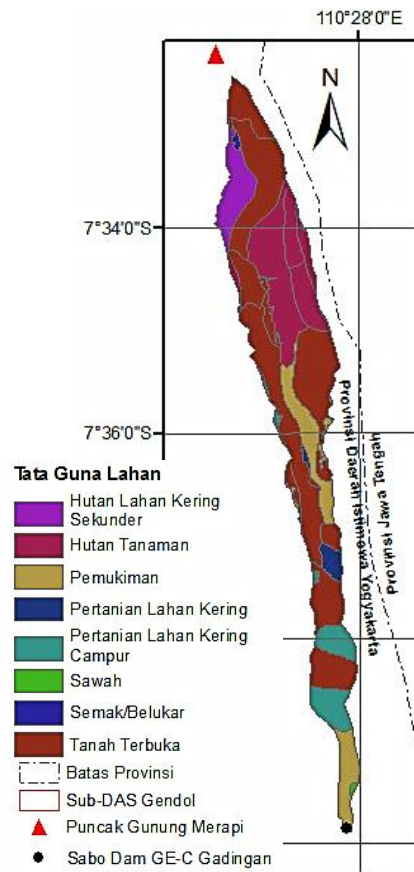
Gambar 6 Diagram Persentase Tata Guna Lahan sub-DAS Gendol

Nilai CP diperoleh dari Tabel 2 dan dihitung faktor CP untuk masing-masing zonasi kemiringan. Diketahui luas lahan pada interval 425-500 mdpl pemukiman seluas 45 ha, pertanian seluas 2 ha, dan sawah seluas 2 ha.

$$K_{425,5-500} = \frac{45 \cdot 0,6 + 2 \cdot 0,75 + 2 \cdot 0,05}{45 + 2 + 2} = 0,58$$

Faktor CP untuk elevasi 425,5-500 mdpl sebesar 0,58. Di bawah ini adalah peta

sebaran tata guna lahan di sub-DAS Gendol sesuai Gambar 7.



Gambar 7 Peta Tata Guna Lahan Sub-DAS Gendol

### 3.2.5 Analisis Pendugaan Erosi Lahan

Dari subbab-subbab sebelumnya sudah dihitung faktor-faktor yang mempengaruhi besar erosi lahan dengan metode USLE. Dengan demikian pendugaan erosi lahan dapat dihitung sesuai Persamaan 7.

Contoh perhitungan erosi lahan pada elevasi 2825-2837,5 mdpl sebagai berikut.

$$A_{2825-2837,5} = 1.144,1 \cdot 0,27 \cdot 7,92 \cdot 0,75 = 1.841,04 \text{ ton/ha/th}$$

Besar laju erosi pada elevasi 2825-2837,5 mdpl adalah 1.841 ton/ha/th. Selanjutnya, estimasi laju erosi rata-rata pertahun di sub-DAS Gendol adalah sebesar 148.417,57 ton/ha seperti yang disajikan di Tabel 6.



Tabel 6 Perhitungan Estimasi Erosi Lahan

No.	Interval Kontur	R	K	LS	CP	A (ton/ha/th)
1	2825-2837,5	1.144,10	0,27	7,92	0,75	1.841,04
2	2750-2825		0,27	46,50	0,75	10.814,05
3	2675-2750		0,27	44,72	0,75	10.399,20
4	2600-2675		0,27	45,57	0,75	10.597,46
5	2525-2600		0,27	49,10	0,75	11.418,26
6	2450-2525		0,27	49,86	0,75	11.595,50
7	2375-2450		0,27	47,35	0,75	11.010,67
8	2300-2375		0,27	33,99	0,75	7.902,95
9	2225-2300		0,27	29,97	0,69	6.445,48
10	2150-2225		0,27	36,09	0,66	7.384,51
11	2075-2150		0,27	38,16	0,62	7.334,69
12	2000-2075		0,27	38,22	0,59	6.968,24
13	1925-2000		0,27	29,62	0,53	4.890,82
14	1850-1925		0,27	30,37	0,49	4.641,19
15	1775-1850		0,27	32,37	0,50	4.976,64
16	1700-1775		0,27	28,90	0,43	3.824,50
17	1625-1700		0,27	31,29	0,35	3.440,80
18	1550-1625		0,27	25,61	0,33	2.600,83
19	1475-1550		0,27	22,08	0,33	2.236,86
20	1400-1475		0,27	20,00	0,41	2.538,62
21	1325-1400		0,27	18,97	0,43	2.525,96
22	1250-1325		0,27	16,43	0,42	2.093,38
23	1175-1250		0,24	11,14	0,42	1.263,37
24	1100-1175		0,19	11,52	0,50	1.288,68
25	1025-1100		0,17	10,46	0,64	1.315,32
26	950-1025		0,17	8,20	0,72	1.155,89
27	875-950		0,17	7,41	0,69	1.006,46
28	800-875		0,17	6,66	0,71	926,87
29	725-800		0,17	5,82	0,71	812,80
30	650-725		0,17	4,56	0,75	673,10
31	575-650		0,20	3,97	0,75	666,12
32	500-575		0,27	4,16	0,75	966,84
33	425-500		0,27	3,43	0,58	619,90
34	412,5-425		0,27	1,29	0,60	240,59
Total Laju Erosi						148.417,57

### 3.2.6 Analisis Pendugaan Sedimen Potensial

Total erosi lahan yang terjadi pada sistem DAS tidak seluruhnya masuk ke sungai menjadi sedimen. Konversi besar erosi lahan menjadi sedimen potensial (SY) adalah SDR. Menurut Persamaan 8 besar SDR untuk wilayah sub-DAS Gendol adalah,

$$SDR = 0,375 \cdot 11,48^{-0,135} - 0,127 = 0,1427$$

Angka SDR 0,1427 berarti bahwa dari total erosi lahan sub-DAS Gendol, sebesar 14,27%-nya saja yang masuk ke sungai Gendol menjadi sedimen. Selanjutnya sedimen potensial per tahun dihitung dengan Persamaan 9,

$$SY = 14,27\% \cdot 148.417,57 = 21.179,19 \text{ ton/ha}$$

Soewarno (1991) mengemukakan bahwa berat jenis sedimen antara 2,60 – 2,70 ton/m<sup>3</sup>. Diambil berat jenis sedimen 2,70 ton/m<sup>3</sup>, sehingga sedimen potensial yang disumbang oleh erosi lahan setara dengan,

$$SY = \frac{21.179,19 \cdot 1148}{2,70} = 9.007.356,15 \text{ m}^3/\text{th}$$

Dengan demikian laju sedimen potensial akibat erosi lahan yang terjadi di sub-DAS Gendol sebesar 9.007.356,15 m<sup>3</sup>/th terhitung di sabo dam GE-C Gadingan.

### 3.3 Analisis Kapasitas Sabo Dam

Terdapat 13 sabodam di hulu Sungai Gendol. Menurut data PPK PL Merapi (2017) kapasitas tamping sesuai Tabel 7.

Tabel 7 Kapasitas Tampung Sabo Dam

No.	Sabo Dam	Kapasitas Tampung (m <sup>3</sup> )
1	GE-D (Kaliadem)	49.500
2	GE-D7 (Kaliadem)	449.400
3	GE-D5 (Kaliadem)	445.600
4	GE-D4	47.900
5	GE-D3	117.900
6	GE-D2	70.000
7	GE-D (Kepuharjo)	100.500
8	GE-C13	214.200
9	GE-C12 (Ngancar)	111.200
10	GE-C10 (Bakalan)	87.700
11	GE-C (Cangkring I)	56.900
12	GE-C (Bronggang)	52.600
13	GE-C Gadingan	(dianalisis)
Total		1.803.400

Sabo dam ke-13 adalah GE-C Gadingan. Diketahui elevasi dasar sungai di dam = 407 m, elevasi dasar sungai di hulu dam = 409,11 m, panjang sungai terukur (L) = 166,34 m, lebar sungai rata-rata (B) = 102,52 m, tinggi efektif dam (H) = 4,1 m, dan kemiringan tanggul  $\alpha = \beta = 45^\circ$  (1:1). Kapasitas tampung GE-C Gadingan dengan Persamaan 10 adalah sebagai berikut,

$$V = 0,5 \cdot 4,1 \cdot 166,34 \left( 102,52 + \frac{4,1}{3} (\cot 45^\circ + \cot 45^\circ) \right) = 35.891,07 \text{ m}^3$$

$$\Sigma V_{\text{all sabo}} = 35.891,07 + 1.803.400 = 1.839.291,07 \text{ m}^3$$

Sehingga total kapasitas sabo dam sepanjang hulu Sungai Gendol terhitung di GE-C Gadingan sebesar 1.839.291,07 m<sup>3</sup>.

Dibandingkan dengan penelitian Dewi (2017), hasil dari penelitian ini berkorelasi positif. Namun secara kuantitatif berbeda,

hal ini disebabkan oleh perbedaan pada data dan analisis yang dilakukan. Dewi (2017) menggunakan metode USLE dengan bantuan ArcGIS 10.1. Data hujan yang dianalisis hanya dari 2 stasiun periode 2010-2015 di mana data yang tidak lengkap diabaikan. Faktor R menggunakan rumus energi kinetik hujan  $R = 14,374P^{1,075}$ . Faktor LS dibuat dengan interval per 100 m serta menggunakan rumus  $SDR = 0,41 \cdot A_{DAS}^{-0,3}$ .

#### 4. KESIMPULAN

Didapat kesimpulan estimasi laju erosi lahan di sub-DAS Gendol dengan menggunakan metode USLE adalah sebesar 148.147,57 ton/ha/th. Sebesar 14,27% dari erosi lahan diestimasi masuk ke sungai menjadi sedimen, yakni sebesar 21.179,19 ton/ha/th atau setara 9.007.356,15 m<sup>3</sup>/th. Kapasitas sabo dam sepanjang hulu Sungai Gendol terukur di GE-C Gadingan adalah 1.839.291,07 m<sup>3</sup>. Kapasitas sabo dam lebih kecil dibandingkan volume sedimen akibat erosi lahan yang terjadi, sehingga sabo dam tidak mampu menampung volume sedimen dan terjadi limpasan sebesar 7.168.065,08 m<sup>3</sup> melalui GE-C Gadingan. Limpasan ini akan dikontrol oleh 10 sabo dam di hilir GE-C Gadingan.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, Chay. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Cahyono, Joko. 2000. *Pengantar Teknologi Sabo*. Yayasan Sabo Indonesia. Yogyakarta.
- Dewi, Novika Komariona. 2017. Pengaruh Erosi Lahan Terhadap Kapasitas Sabo Dam (Studi Kasus: Sabo Dam GE-C Gadingan, Kali Gendol, Merapi). *Jurnal TA UMY*. Yogyakarta.
- Erdiyawan, Dika. 2017. *ICB Civil Works Package Number 2 Construction of Sand Pocket in Gendol River*. Laporan Praktik Kerja Program Sarjana Teknik Sipil, UII. Yogyakarta.
- Fahmi, Ikromi. 2015. Analisis Pencarian Data Curah Hujan Yang Hilang Dengan Metode Periodik Stokastik (Studi Kasus Wilayah Kabupaten Pringsewu). *Jurnal Rekayasa Magister Teknik Sipil, Unila*.
- Kusumobroto, H. 2013. *Aliran Debris dan Lahar Pembentukan, Pengaliran, Pengendapan, dan Pengendaliannya*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Luliro, Nadhomi Daniel, John Stephen Tenywa, dan Jackson Gilbert Mwanjalolo Majaliwa. 2013. Adaptation of RUSLE to Model Erosion Risk in A Watershed with Terrain Heterogeneity. *International Journal of Advanced Earth Science and Engineering 2013*, Vol 2, Issue 1.
- Olii, Muhammad Ramdhan, Bambang Agus Kironoto, Bambang Yulistiyo, dan Sunjoto. 2017. Determining Sediment Delivery Ratio of Catchment of Reservoir in Java. *Prosiding Konferensi Nasional Pascasarjana Teknik Sipil (KNPTS) 2017 Institut Teknologi Bandung*, ISBN 2477-00-86.
- Paramita, Mahditia. 2011. *Huntara Merapi Upaya Permukiman Transisi Pasca Gempa*. Housing Resource Center. Yogyakarta
- Soewarno. 2013. *Hidrometri dan Aplikasi Teknosabo Dalam Pengelolaan Sumber Daya Air*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Soewarno. 1991. *Hidrologi Pengukuran dan Pengelolaan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*. Nova. Bandung.
- Sosrodarsono, Suyono dan Kensaku Takeda. 1978. *Hidrologi untuk Pengaliran*. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Sumaryono, A. 2011. Efektivitas Pengendalian Aliran Debris pada Sungai-Sungai Lahar di Daerah Vulkanik dan Sungai-Sungai Toren di Daerah Non-Vulkanik. *Laporan Akhir Satker Balai Sabo, Puslitbang SDA, Balitbang Kemen PU, Yogyakarta*.