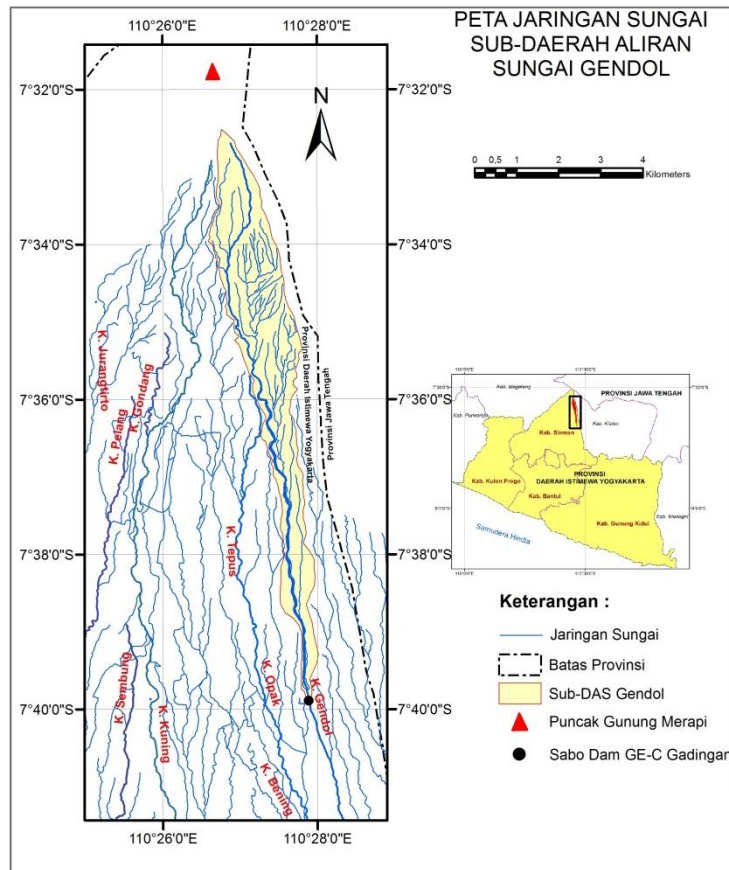


BAB V DATA ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Daerah Aliran Sungai

Wilayah penelitian adalah sub-Daerah Aliran Sungai Gendol yang berada di kaki Gunung Merapi. Secara administratif sub-DAS Gendol sebagian besar berada di Kecamatan Cangkringan, sisanya di Kecamatan Pakem dan Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Sub-DAS Gendol merupakan bagian dari DAS Opak.



Bentuk sub-DAS Gendol seperti Gambar 5.1 di atas merupakan hasil digitasi dari superposisi peta jaringan sungai dan peta kontur menggunakan

software ArcGIS 10.3. Luas sub-DAS ini sebesar 11,48 km² dengan batas hilir adalah sabo dam GE-C Gadingan sebagai objek penelitian ini.

5.2 Analisis Hidrologi

Terdapat empat stasiun/pos hujan terdekat dengan wilayah penelitian yaitu Ngandong, Plosokerep, Sorasan, dan Randugunting. Seluruh pos hujan berada diluar cakupan sub-DAS Gendol. Dalam analisis hidrologi dilakukan prakiraan curah hujan untuk melengkapi data hujan yang hilang/tidak lengkap dan perhitungan curah hujan wilayah sub-DAS Gendol.

Tabel 5.1 Ketersediaan Data Curah Hujan Bulanan

2010												
Stasiun Hujan	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
Ngandong	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Plosokerep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sorasan	√	√	√	NR	NR	NR	√	√	√	√	√	√
Randugunting	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
2011												
Ngandong	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Plosokerep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sorasan	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	NR
Randugunting	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	NR	NR
2012												
Ngandong	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Plosokerep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sorasan	NR	NR	NR	NR	√	√	√	√	√	√	√	√
Randugunting	NR	NR	NR	NR	√	√	√	√	√	√	√	√
2013												
Ngandong	√	√	NR	NR	NR	NR	NR	√	√	√	√	√
Plosokerep	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Sorasan	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Randugunting	√	√	√	NR	√	√	√	√	√	√	√	√
2014												
Ngandong	√	√	√	√	√	√	NR	NR	NR	NR	NR	√
Plosokerep	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	NR
Sorasan	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Randugunting	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
2015												
Ngandong	NR	NR	NR	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Plosokerep	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Sorasan	√	√	√	√	NR	NR	√	√	√	√	√	√
Randugunting	√	√	√	√	NR	NR	√	√	√	√	√	√
2016												
Ngandong	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Plosokerep	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Sorasan	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Randugunting	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
2017												
Ngandong	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Plosokerep	√	√	√	√	√	√	√	NR	NR	NR	NR	NR
Sorasan	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Randugunting	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Keterangan: √ = ada; - = tidak ada; NR = no record/tidak lengkap/hilang

Berdasar Tabel 5.1 data bernotasi NR dapat diperkirakan nilainya menggunakan metode resiprokal yaitu memperhitungkan konsistensi hujan tercatat pada stasiun-stasiun hujan terdekat untuk bulan dan tahun kejadian hujan yang sama.



Gambar 5.2 Letak stasiun/Pos Hujan (jarak dalam km)

(Sumber : Balitbang Sabo Yogyakarta (2010))

Metode resiprokal menggunakan perhitungan dengan sumber jarak antarpos hujan sebagai faktor koreksi. Letak dan jarak antarpos hujan di wilayah penelitian ditunjukkan Gambar 5.2.

Tabel 5.2 Data Curah Hujan Bulanan Tahun 2010 (mm/bulan)

Stasiun Hujan	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
Ngandong	510,0	550,0	684,5	447,5	650,5	109,5	120,5	169,0	548,5	458,5	299,5	617,0
Plosokerep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sorasan	451,5	254,5	57,5	NR	NR	NR	154,5	161,5	316,5	192,5	160,0	450,5
Randugunting	146,4	173,4	206,8	77,8	140,4	95,0	59,4	155,4	281,4	183,0	200,6	263,0

Sumber : Balitbang Sabo Yogyakarta (2010)

Pada Tabel 5.2 terdapat data yang hilang yaitu pada April, Mei, dan Juni untuk sta. Sorasan. Berikut contoh perhitungan curah hujan pada April 2010 mengacu data hujan sta Ngandong dan Randugunting dengan Persamaan 3.2.

$$P_{\text{April 2010}} = \frac{\frac{1}{12,546^2} \times 447,2 + \frac{1}{8,718^2} \times 77,8}{\frac{1}{12,546^2} + \frac{1}{8,718^2}} = 198,3 \text{ mm/bulan}$$

Perhitungan data yang hilang pada Mei dan Juni dihitung sesuai cara di atas. Hasil perhitungan curah hujan bulanan tahun 2010-2017 pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Curah Hujan Bulanan Periode Tahun 2010-2017 Hasil Perhitungan dengan Metode Resiprokal

	(mm/bulan)												(mm/tahun)
Pos Hujan	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	2010
Ngandong	510,0	550,0	684,5	447,5	650,5	109,5	120,5	169,0	548,5	458,5	299,5	617,0	5165,0
Plosokerep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0
Sorasan	451,5	254,5	57,5	198,3	306,6	99,7	154,5	161,5	316,5	192,5	160,0	450,5	2803,6
Randugunting	146,4	173,4	206,8	77,8	140,4	95,0	59,4	155,4	281,4	183,0	200,6	263,0	1982,6
	(mm/bulan)												2011
Ngandong	475,5	384,5	564,5	401,0	550,5	16,5	43,0	8,5	18,0	120,5	746,5	537,0	3866,0
Plosokerep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sorasan	477,5	316,0	319,0	291,0	263,5	0,0	0,0	0,0	8,5	76,5	296,0	NR	2048,0
Randugunting	269,0	93,0	134,4	100,6	70,5	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	362,8	NR	1037,3
	(mm/bulan)												2012
Ngandong	441,5	549,5	289,0	275,0	80,0	55,5	1,0	0,0	4,0	220,0	968,0	975,0	3858,5
Plosokerep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sorasan	293,5*	NR	NR	78,0*	74,5	46,5	0,0	0,0	0,0	99,0	355,5	363,0	1310,0
Randugunting	NR	NR	NR	12,0*	8,0	10,0	1,0	1,0	0,0	13,0	37,0	46,5	128,5
	(mm/bulan)												2013
Ngandong	897	421,0	197,7	104,7	185,7	405,3	84,9	17	21	275	592	746	3947,3
Plosokerep	584	485	139,5	17,5	10,5	541	111	6	0	101	139,5	370,5	2505,5
Sorasan	475	336,5	274,5	220	191	226	50,5	4,5	0	56	249	325,3	2408,3
Randugunting	43,5	48,5	121,5	166,1	171	29	9	0	13	128	293	439	1461,6
	(mm/bulan)												2014
Ngandong	647,0	508,0	510,0	398,0	268,0	169,0	73,2	5,6	2,2	2,9	400,0	644,2	3628,1
Plosokerep	437,0	301,5	193,5	212,0	159,0	47,5	89,0	9,5	1,5	0,0	401,0	355,0	2206,5
Sorasan	383,5	293,0	104,5	414,0	84,5	73,5	47,0	1,0	0,0	1,0	397,0	326,5	2125,5
Randugunting	703,0	591,0	223,0	111,0	40,0	131,0	88,0	4,0	11,0	19,0	404,6	404,6	2730,2
	(mm/bulan)												2015
Ngandong	586,6	460,2	550,5	493,2	125,0	7,4	0,0	0,6	0,0	0,0	290,4	503,0	3016,8
Plosokerep	578,5	453,5	469	761,5	45,5	4	0	2,5	0	0	93	361,5	2769,0
Sorasan	525	349	459,5	400	62,8	4,7	0	0,5	0	0	155	366	2322,5
Randugunting	616,2	484,8	849	181,4	71,3	79,8	3	2,8	0	0	99,8	268,2	2656,3
	(mm/bulan)												2016
Ngandong	189,6	422,2	723,2	313,4	294,6	9,2	96,8	49,2	324,6	456,4	859,6	393,4	4132,2
Plosokerep	360,5	604,5	317	319	409,5	112,5	206,5	191,5	321,5	459	449	397,5	4148,0
Sorasan	86	465,5	362,5	190,5	294,5	129,5	119,5	145	180,5	203,8	542,8	349,2	3069,3
Randugunting	171,6	751,8	107,2	153,8	174,2	149,8	148,4	168,8	317,2	394	752,2	396	3685,0
	(mm/bulan)												2017
Ngandong	570,6	503,6	490	465,8	169,4	106,2	27,6	3,4	250,6	577	897,8	406	4468,0
Plosokerep	505,5	498	267,5	346,5	119,5	65,5	10	2,9	129,7	202,8	556,3	248,2	2952,5
Sorasan	323,4	304,8	232,6	408,2	75	83,2	17,2	3,8	96,6	148,2	429,2	235,8	2358,0
Randugunting	287,6	459	422,6	428,6	175,6	57,8	11,8	1	110,2	59	559,8	169,2	2742,2

Keterangan: - = tidak ada; NR = *no record*/tidak lengkap/hilang; * = data hujan tercatat tidak penuh satu bulan

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. Berdasarkan ketersediaan data hujan dan letak pos hujan yang ada, dibuatlah poligon Thiessen untuk keperluan perhitungan. Letak pos hujan Randugunting tidak berpengaruh dalam poligon Thiessen untuk cakupan sub-DAS Gendol.

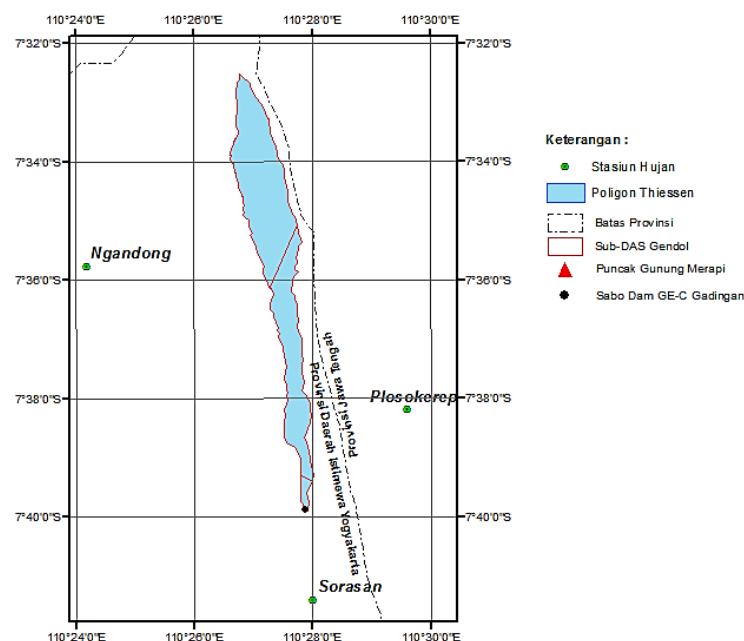
Sehingga data hujan pos Randugunting hanya digunakan sebagai referensi saja untuk memperkirakan besarnya data hujan yang hilang atau tidak lengkap.

Stasiun Plosokerep pada tahun 2010, 2011, dan 2012 rusak, sehingga data hujannya tidak tersedia. Namun tidak dilakukan perhitungan dengan metode resiprokal untuk melengkapinya karena validitas data cenderung diragukan, sehingga diambil dua stasiun hujan saja (Ngandong dan Sorasan) untuk menghitung curah hujan wilayahnya menggunakan metode rerata aljabar.

Contoh perhitungan curah hujan wilayah rata-rata bulanan pada tahun 2010 menggunakan Persamaan 3.3. Dari Tabel 5.3 bulan Januari curah hujan bulanan stasiun Ngandong adalah 510 mm/bulan dan stasiun Sorasan sebesar 451,5 mm/bulan. Curah hujan wilayah rata-rata bulan Januari tahun 2010 sub-DAS Gendol sebesar,

$$R'_{\text{Januari 2010}} = \frac{510+451,5}{2} = 480,8 \frac{\text{mm}}{\text{bulan}}$$

Curah hujan wilayah tahun 2013 sampai 2017 dihitung dengan metode poligon Thiessen. Adapun daerah yang terwakili oleh pos hujan yang ada di sub-DAS Gendol ditunjukkan Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Poligon Thiessen untuk 3 Stasiun Hujan
(Sumber : Balitbang Sabo Yogyakarta (2010))

Contoh perhitungan curah hujan wilayah rata-rata bulanan untuk poligon Thiessen tiga stasiun hujan dengan Persamaan 3.4. Gambar 5.3 menunjukkan luas daerah yang mewakili stasiun Ngandong sebesar 684,632 ha, stasiun Plosokerep sebesar 439,295 ha dan stasiun Sorasan sebesar 24,696 ha. Dari Tabel 5.3 bulan Januari 2013 curah hujan bulanan stasiun Ngandong adalah 897 mm/bulan, stasiun Plosokerep sebesar 584 mm/bulan, dan stasiun Sorasan sebesar 475 mm/bulan. Curah hujan wilayah rata-rata bulan Januari tahun 2013 adalah,

$$R'_{\text{Januari 2013}} = \frac{897 \times 684,632 + 584 \times 439,295 + 475 \times 24,696}{684,632 + 439,295 + 24,696}$$

$$= 768,2 \frac{\text{mm}}{\text{bulan}}$$

Hasil perhitungan curah hujan rata-rata tahunan disajikan pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Data Curah Hujan Wilayah Periode 2010-2017

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

5.3 Analisis Pendugaan Erosi Lahan

5.3.1 Faktor Erosivitas Hujan

Untuk mencari besar erosivitas hujan sesuai Persamaan 3.8 dibutuhkan data curah hujan wilayah rata-rata tahunan. Perhitungan erosivitas hujan disajikan dalam Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Perhitungan Faktor Erosivitas Hujan

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 erosivitas hujan pada tahun 2010 menurut Persamaan 3.8 adalah,

$$R_{2010} = \frac{2,5 \times 3984,3^2}{100(0,073 \times 3984,3 + 0,73)} = 1361,1 \text{ MJ.mm/jam.ha.th}$$

Dari Tabel 5.5 diperoleh erosivitas hujan rata-rata sebesar,

$$R = \frac{1361,1 + 1009,3 + 881,6 + 1148,2 + 1041,8 + 992,2 + 1406,0 + 1312,7}{7} \\ = 1144,1 \text{ MJ.mm/jam.ha.th}$$

Didapatkan faktor erosivitas hujan sebesar 1144,1 MJ.mm/jam.ha.th.

5.3.2 Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng

Wilayah sub-DAS Gendol merupakan lereng gunung. Elevasi tertinggi adalah 2837,5 mdpl dan letak objek penelitian sabo dam GE-C Gadingan di 412,5 mdpl. Untuk mempermudah pedugaan besarnya erosi lahan yang terjadi, dibuatlah pembagian wilayah (zonasi) dengan interval kontur tertentu. Berdasarkan olahan menggunakan ArcGIS 10.3 diperoleh panjang lereng (L) tiap-tiap zonasi kontur. Faktor LS dihitung dengan mengintegrasikan faktor panjang dan kemiringan lereng (S). Digunakan rumus matematis yang berbeda untuk kondisi S kurang dari 20% dan S lebih dari 20%. Pada Tabel 5.6 disajikan faktor panjang dan kemiringan lereng (LS), sebagai contoh perhitungan untuk interval elevasi 425 – 500 m adalah,

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

Persamaan 3.10 digunakan untuk mencari nilai LS karena $S < 20\%$,

$$LS = \frac{\sqrt{1704,8}}{100} (0,138 \times 4,4^2 + 0,965 \times 4,4 + 1,38) = 3,4$$

Diperoleh faktor LS pada interval kontur 425-500 m adalah 3,4. Sedangkan pada interval 2750-2825 m adalah,

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

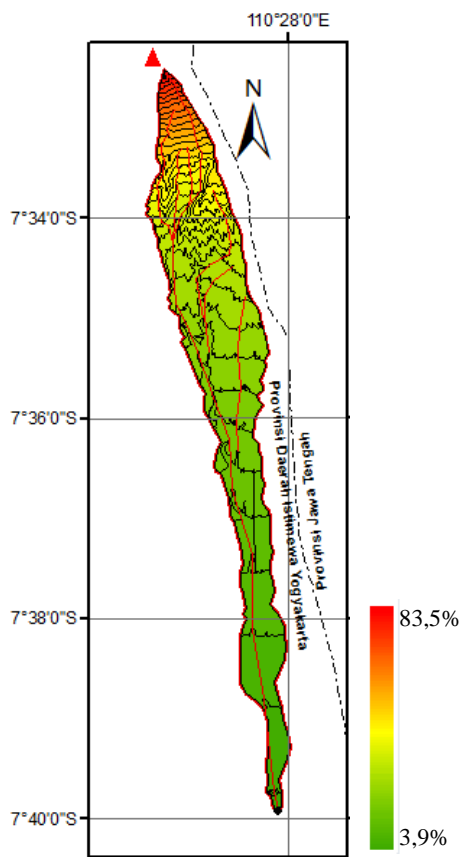
Kemiringan lereng pada interval ini $S > 20\%$, digunakan Persamaan 3.11 untuk menghitung nilai LS, sebagai berikut:

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

Diperoleh faktor LS pada interval kontur 2750-2825 m adalah 46,5. Tabel 5.6 menyajikan hasil analisis faktor panjang dan kemiringan lereng di sub-DAS Gendol.

Tabel 5.6 Perhitungan Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

No.	Interval Kontur (m)	Δ (m)	Luas (ha)	S (%)	L (m)	LS
1	2825-2837,5	12,5	1	35,0	35,7	7,9
2	2750-2825	75	2	83,5	89,8	46,5
3	2675-2750	75	3	79,5	94,3	44,7
4	2600-2675	75	3	81,4	92,1	45,6
5	2525-2600	75	4	89,4	83,9	49,1
6	2450-2525	75	4	91,1	82,3	49,9
7	2375-2450	75	5	85,4	87,8	47,3
8	2300-2375	75	7	56,4	132,9	34,0
9	2225-2300	75	8	48,2	155,6	30,0
10	2150-2225	75	8	60,8	123,3	36,1
11	2075-2150	75	9	65,2	115,0	38,2
12	2000-2075	75	10	65,4	114,8	38,2
13	1925-2000	75	12	47,5	157,8	29,6
14	1850-1925	75	14	49,0	153,0	30,4
15	1775-1850	75	17	53,1	141,3	32,4
16	1700-1775	75	22	46,1	162,8	28,9
17	1625-1700	75	28	50,9	147,4	31,3
18	1550-1625	75	36	39,6	189,3	25,6
19	1475-1550	75	37	32,9	227,9	22,1
20	1400-1475	75	37	29,1	257,9	20,0
21	1325-1400	75	41	27,2	275,5	19,0
22	1250-1325	75	50	22,8	329,7	16,4
23	1175-1250	75	67	15,8	474,3	11,1
24	1100-1175	75	91	16,3	460,6	11,5
25	1025-1100	75	89	15,0	501,0	10,5
26	950-1025	75	88	12,0	625,2	8,2
27	875-950	75	63	10,9	689,4	7,4
28	800-875	75	59	9,8	765,4	6,7
29	725-800	75	60	8,5	880,9	5,8
30	650-725	75	59	6,5	1159,8	4,6
31	575-650	75	71	5,4	1383,9	4,0
32	500-575	75	89	5,8	1301,3	4,2
33	425-500	75	49	4,4	1704,8	3,4
34	412,5-425	12,5	5	3,9	321,9	1,3



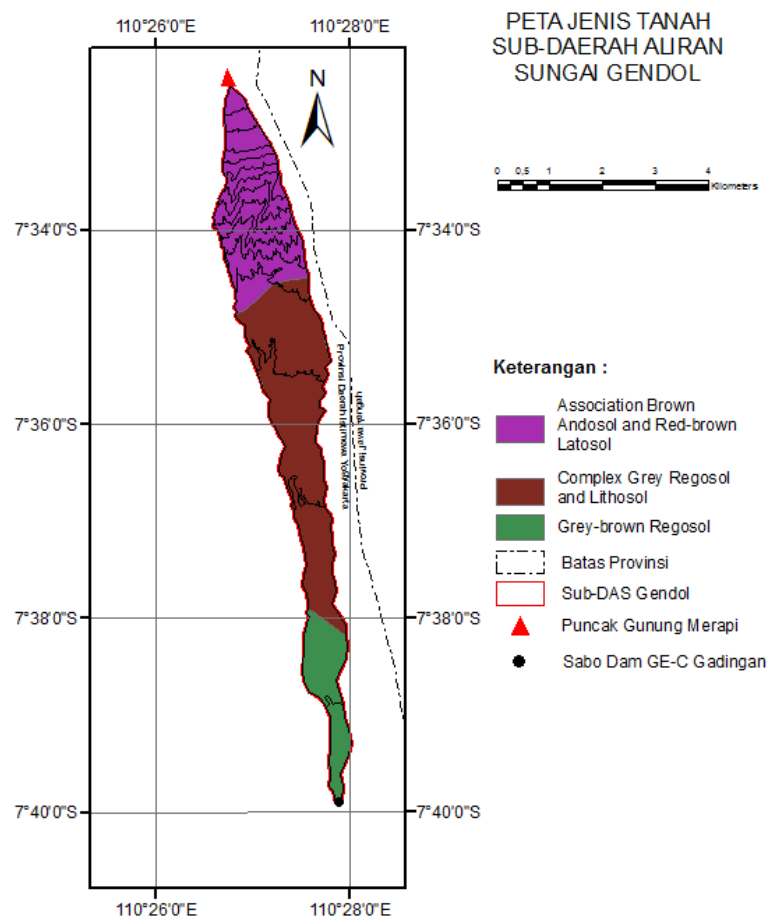
Gambar 5.4 Peta Zonasi Kemiringan Lereng sub-DAS Gendol

(Sumber data: BPDASHL Serayu-Opak-Progo, 2018)

Sub-DAS Gendol dibagi ke dalam 34 zonasi kemiringan lereng seperti pada Gambar 5.4. Kemiringan lereng bervariasi dengan rentang 3,9% sampai 83,9%. Semakin ke hulu sungai, semakin besar kemiringan lerengnya. Hasil perhitungan faktor LS pada Tabel 5.6 menunjukkan kecenderungan nilai yang besar.

5.3.3 Faktor Erodibilitas Tanah

Terdapat tiga jenis tanah di sub-DAS Gendol sesuai Gambar 5.5. Faktor erodibilitas tanah diperoleh dari Tabel 3.3, untuk 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. Adapun sebaran jenis tanah di sub-DAS Gendol terlihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Peta Jenis Tanah sub-DAS Gendol

(Sumber: BPDASHL Serayu-Opak-Progo (2018))

Contoh menghitung besar faktor K untuk interval 575-650 m seperti di bawah ini. Diketahui luas lahan dengan jenis tanah berupa,

complex grey regosol and lithosol = 54 ha, dan

grey-brown regosol = 17 ha.

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

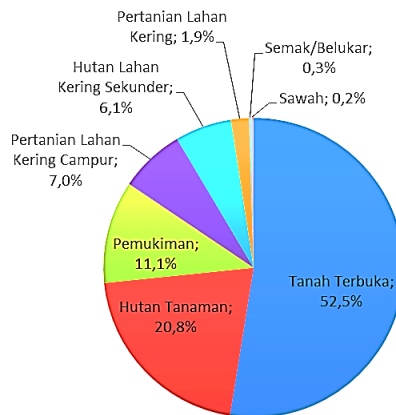
Hasil perhitungan faktor K dapat dilihat selengkapnya pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Perhitungan Faktor Erodibilitas Tanah (K)

No.	Interval Kontur (m)	Luas (ha)	Association Brown Andosol and Red-brown Latosol (ha)	Complex Grey Regosol and Lithoso 1 (ha)	Grey-brown Regosol (ha)	K (ton.jam/M J.mm)
<i>(faktor K)</i>			0,271	0,172	0,271	
1	2825-2837,5	1	1			0,271
2	2750-2825	2	2			0,271
3	2675-2750	3	3			0,271
4	2600-2675	3	3,00			0,271
5	2525-2600	4	4,00			0,271
6	2450-2525	4	4,00			0,271
7	2375-2450	5	5,00			0,271
8	2300-2375	7	7,00			0,271
9	2225-2300	8	8,00			0,271
10	2150-2225	8	8,00			0,271
11	2075-2150	9	9,00			0,271
12	2000-2075	10	10,00			0,271
13	1925-2000	12	12,00			0,271
14	1850-1925	14	14,00			0,271
15	1775-1850	17	17,00			0,271
16	1700-1775	22	22			0,271
17	1625-1700	28	28			0,271
18	1550-1625	36	36			0,271
19	1475-1550	37	37			0,271
20	1400-1475	37	37			0,271
21	1325-1400	41	41			0,271
22	1250-1325	50	48	2		0,267
23	1175-1250	67	43	24		0,236
24	1100-1175	91	21	70		0,195
25	1025-1100	89	0	89		0,172
26	950-1025	88		88		0,172
27	875-950	63		63		0,172
28	800-875	59		59		0,172
29	725-800	60		60		0,172
30	650-725	59		59		0,172
31	575-650	71		54	17	0,196
32	500-575	89			89	0,271
33	425-500	49			49	0,271
34	412,5-425	5			5	0,271

5.3.4 Faktor Penutup dan Pengolahan Lahan

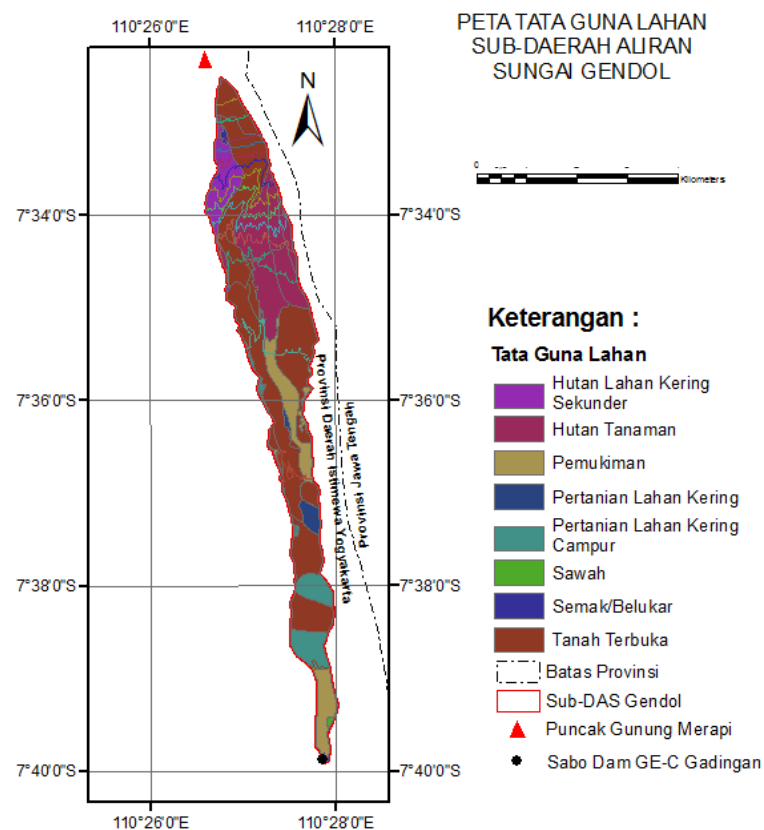
Data yang diperoleh dari BPDAS Serayu-Opak-Progo menunjukkan bahwa tata guna lahan di sub-DAS Gendol lebih dari setengah wilayahnya berupa tanah terbuka. Hutan tanaman mengisi 20,8%, pemukiman 11,1%, dan lain-lain seperti ditampilkan pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Diagram Persentase Tata Guna Lahan sub-DAS Gendol

(Sumber: BPDASHL Serayu-Opak-Progo (2015))

Sedangkan sebaran penggunaan lahan di wilayah penelitian seperti tergambar dalam peta pada Gambar 5.7 berikut.



Gambar 5.7 Peta Tata Guna Lahan sub-DAS Gendol

(Sumber: BPDASHL Serayu-Opak-Progo (2015))

Pada sub-bab sebelumnya telah dijabarkan mengenai zonasi kemiringan lereng. Zonasi ini kemudian disuperposisikan dengan peta tata guna lahan yang

ada untuk menghitung besaran faktor penutup dan pengolahan lahan (CP). Hasil analisis dengan ArcGIS 10.3 diperoleh luas penggunaan lahan tiap-tiap zonasi.

Tabel 5.8 Perhitungan Faktor Penutup dan Pengolahan Lahan (CP)

No.	Interval Kontur (m)	Luas (ha)	Tanah Terbuka (ha)	Hutan Tanaman (ha)	Pemukiman (ha)	Pertanian Lahan Kering		Hutan Lahan Kering Sekunder (ha)	Semak/ Belukar (ha)	Sawah (ha)	CP
						Campur (ha)	Biasa (ha)				
<i>(faktor CP)</i>			<i>0,75</i>	<i>0,3</i>	<i>0,6</i>	<i>0,75</i>	<i>0,75</i>	<i>0,03</i>	<i>0,3</i>	<i>0,05</i>	
1	2825-2837,5	1	1								0,75
2	2750-2825	2	2								0,75
3	2675-2750	3	3								0,75
4	2600-2675	3	3								0,75
5	2525-2600	4	4								0,75
6	2450-2525	4	4								0,75
7	2375-2450	5	5								0,75
8	2300-2375	7	7								0,75
9	2225-2300	8	7	1							0,69
10	2150-2225	8	7					1			0,66
11	2075-2150	9	7					1	1		0,62
12	2000-2075	10	7					1	2		0,59
13	1925-2000	12	8					3	1		0,53
14	1850-1925	14	9					5			0,49
15	1775-1850	17	11					6			0,50
16	1700-1775	22	11	3				8			0,43
17	1625-1700	28	10	7					11		0,35
18	1550-1625	36	10	13					13		0,33
19	1475-1550	37	10	14					13		0,33
20	1400-1475	37	12	20					5		0,41
21	1325-1400	41	13	26					2		0,43
22	1250-1325	50	13	37							0,42
23	1175-1250	67	18	49							0,42
24	1100-1175	91	42	47					2		0,50
25	1025-1100	89	65	21	3						0,64
26	950-1025	88	71	2	14	1					0,72
27	875-950	63	35		25	3					0,69
28	800-875	59	38		17		4				0,71
29	725-800	60	44		16						0,71
30	650-725	59	38			2	19				0,75
31	575-650	71	40			31					0,75
32	500-575	89	47			42					0,75
33	425-500	49			45	2				2	0,58
34	412,5-425	5			5						0,60

Contoh menghitung nilai CP pada interval 425-500 m adalah sebagai berikut.

Diketahui luas lahan untuk,

pemukiman = 45 ha,

pertanian = 2 ha, dan

sawah = 2 ha.

Besaran faktor CP didapat dari Tabel 3.4 (pada Tabel 5.8 nilai CP dicetak miring).

$$CP_{425-500} = \frac{45 \times 0,6 + 2 \times 0,75 + 2 \times 0,05}{45 + 2 + 2} = 0,58$$

Selanjutnya hasil perhitungan faktor CP sesuai Tabel 5.8. Diperoleh seluruh faktor-faktor yang mempengaruhi besar erosi lahan, sehingga pendugaan erosi

lahan dapat dihitung sesuai Persamaan 3.1. Besar erosi lahan untuk interval 412,5-425 m adalah,

$$\begin{aligned} A &= R \times K \times LS \times CP \\ &= 1144,1 \times 0,27 \times 3,43 \times 0,58 \\ &= 619,9 \text{ ton/ha.th} \end{aligned}$$

Erosi lahan yang terjadi pada interval 412,5-425 mdpl menyumbang 619,9 ton/ha.th dari total erosi lahan 148.417,57 ton/ha.th di sistem sub-DAS Gendol. Selengkapnya hasil perhitungan disajikan pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Perhitungan Erosi Lahan (A)

No.	Interval Kontur (m)	R (MJ.mm/ha.jam.th)	K (ton.jam/MJ.mm)	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

5.4 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 (*sediment yield/SY*) adalah *sediment delivery ratio* (SDR). Menurut Persamaan 3.12 besar SDR untuk wilayah sub-DAS Gendol seluas 11,48 km² adalah,

$$\begin{aligned} \text{SDR} &= 0,375 A_{\text{DAS}}^{-0,135} - 0,127 \\ &= 0,375 \times 11,48^{-0,135} - 0,127 = 0,1427 = 14,27\% \end{aligned}$$

Selanjutnya sedimen potensialnya dihitung dengan Persamaan 3.13,

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

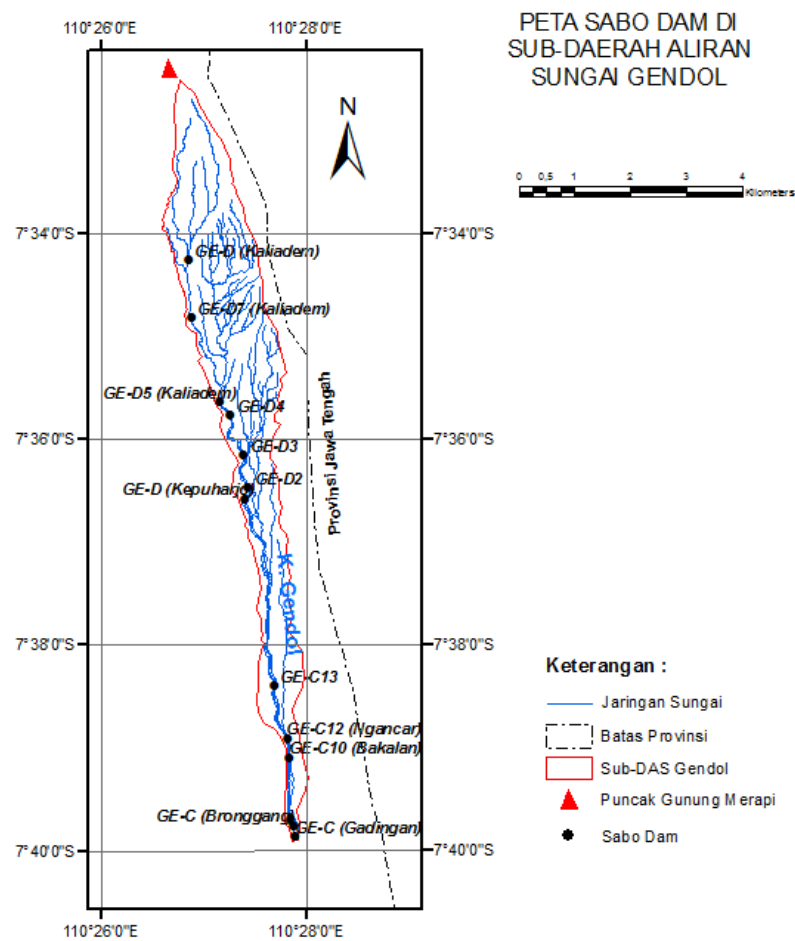
Suwarno (1991) mengemukakan bahwa berat jenis sedimen antara 2,60 – 2,70 ton/m³. Diambil berat jenis sedimen 2,70 ton/m³ dan luas sub-DAS Gendol 1148,62 ha, sehingga sedimen potensial yang disumbang oleh erosi lahan setara dengan,

$$\text{SY} = \frac{21.179,19 \times 1148,62}{2,70} = 9.007.356,15 \text{ m}^3/\text{th.}$$

Hasil hitungan menunjukkan laju sedimen potensial akibat erosi lahan yang terjadi di Sungai Gendol sebesar 9.007.356,15 m³/th terhitung di sabo dam GE-C Gadingan.

5.5 Perhitungan Kapasitas Sabo Dam

Sistem sabo ditujukan untuk mengendalikan aliran sedimen atau aliran debris. Sabo dam yang dibangun di Sungai Gendol dilengkapi dengan pelimpas untuk menahan sementara aliran sedimen yang turun dari hulu ke hilir semaksimal mungkin serta mereduksi daya rusak dari aliran tersebut. Terdapat 13 sabodam yang letaknya di hulu Sungai Gendol, dengan sabo dam paling hilir adalah GE-C Gadingan seperti pada Gambar 5.8. Sebanyak 12 sabo dam diketahui kapasitas tampungnya berdasarkan data yang diperoleh dari PPK PL Merapi sesuai Tabel 5.10. Analisis kapasitas tampung yang dihitung hanya GE-C Gadingan saja, kemudian dijumlah dengan kapasitas 12 sabo dam lainnya.



Gambar 5.8 Peta Sabo Dam di Sub-DAS Gendol

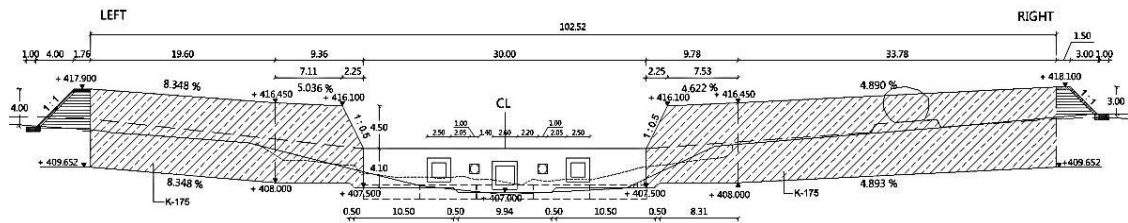
(Sumber: PPK Pengendalian Lahar Merapi (2017))

Tabel 5.10 Kapasitas Tampungan Sabo Dam di Sungai Gendol

No	Sabo Dam	Kapasitas Tampungan (m ³)
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 (Cangkringan I)	56.900
12	GE-C (Bronggang)	52.600
13	GE-C Gadingan	(dianalisis)
Total		1.803.400

Sumber: PPK Pengendalian Lahar Merapi (2017)

Sabo dam GE-C Gadingan merupakan sabo tipe terbuka dengan *silt (box culvert)* seperti pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Penampang Melintang GE-C Gadingan

(Sumber: Erdiyawan (2017))

Diketahui,

elevasi dasar sungai di dam	= 407 mdpl,
elevasi dasar sungai di hulu dam	= 409,1 mdpl,
panjang sungai terukur (L)	= 166,34 m,
lebar sungai rata-rata (B)	= 102,52 m,
tinggi efektif dam (H)	= 4,1 m,
kemiringan tanggul sisi kanan	= 1:1 atau $\alpha = 45^\circ$, dan
kemiringan tanggul sisi kiri	= 1:1 atau $\beta = 45^\circ$.

Untuk menghitung kapasitas tampungan sabo dam GE-C Gadingan digunakan Persamaan 3.14.

$$V_{GE-C \text{ Gadingan}} = 0,5 \cdot 4,1 \cdot 166,34 \left(102,52 + \frac{4,1}{3} (\cot 45^\circ + \cot 45^\circ) \right)$$

$$= 35.891,07 \text{ m}^3$$

$$\text{Total kapasitas sabo dam} = 1.803.400 + 35.891,07$$

$$= 1.839.291,07 \text{ m}^3.$$

Hasil analisis kapasitas tampung GE-C Gadingan adalah 35.891,07 m³. Dijumlahkan dengan kapasitas 12 sabo dam di hulunya terhitung sebesar 1.839.291,07 m³.

5.6 Pembahasan

Laju erosi lahan di sub-DAS Gendol dari hasil analisis adalah sebesar 148.147,57 ton/ha.th. Erosi lahan tersebut hanya 14,27%-nya saja yang

diestimasi masuk ke sungai menjadi sedimen (USDA 1972 dalam Ollie (2017)). Volume sedimen potensial yang terjadi sebesar 21.179,19 ton/ha.th atau setara 9.007.356,15 m³/th dengan asumsi berat jenis sedimen 2,70 ton/m³. Kapasitas sabo dam sepanjang hulu Sungai Gendol terukur di GE-C Gadingan adalah 1.839.291,07 m³.

Dibandingkan terhadap penelitian yang dilakukan Dewi (2017), secara kuantitatif hasil penelitian berbeda. Dewi (2017) menggunakan data hujan bulanan dari dua stasiun saja yaitu stasiun Sorasan dan Ngandong periode 2010 sampai 2015. Data hujan yang tidak lengkap/hilang diabaikan. Sedangkan penelitian ini menggunakan tiga stasiun hujan yaitu stasiun Ngandong, Sorasan, dan Plosokerep serta Randugunting sebagai stasiun referensi untuk memperkirakan besarnya data curah hujan yang tidak lengkap di tiga stasiun tersebut selama 2010-2017 menggunakan metode resiprokal.

Analisis hidrologi untuk menghitung curah hujan wilayah menggunakan metode rerata aljabar untuk 2010-2012, setelahnya sampai 2017 menggunakan metode poligon Thiessen. Hal ini dikarenakan data hujan selama 2010-2012 di stasiun Plosokerep tidak tersedia. Dewi (2017) menggunakan metode poligon Thiessen untuk menghitung curah hujan wilayah.

Faktor erosivitas dihitung dengan rumus matematis yang berbeda. Penelitian ini menggunakan rumus empiris yang dikembangkan oleh Bols tahun 1978 untuk wilayah di Indonesia dalam penelitiannya yang berjudul *The Iso-erodent Map of Java and Madura (Belgian Technical Assistance Project ATA 105, Soil Research Institute, Bogor)*. Dewi (2017) menggunakan rumus energi kinetik hujan $E=14,374 R^{1,075}$.

Faktor panjang dan kemiringan lereng dibuat dengan membagi sub-DAS dalam zonasi kemiringan lereng per interval elevasi 75 meter, yaitu 25 meter lebih rapat dari pada penelitian Dewi (2017) yang membagi per interval 100 meter. Dengan memperkecil interval diharapkan akurasi penghitungan faktor panjang dan kemiringan lereng menjadi lebih baik.

Analisis data penelitian ini dibantu dengan perangkat lunak ArcGIS 10.3. Luas sub-DAS Gendol adalah 1.148 ha. Dibandingkan dengan penelitian Dewi (2017) bentuk sub-DAS relatif berbeda dan lebih besar yaitu 1.306,77 ha.

Adanya perbedaan rumus dan metode analisis membuat hasil penelitian berbeda. Namun, penelitian ini berkorelasi positif dengan penelitian Dewi (2017). Berdasarkan temuan dalam penelitian ini, sabo dam sepanjang Sungai Gendol dengan batas hilir GE-C Gadingan masih terjadi limpasan sedimen sebesar 7.168.065,08 m³. Limpasan ini akan dikontrol oleh 10 sabo dam di hilir Sungai Gendol. Peningkatkan kapasitas tampung masing-masing sabo dam di Sungai Gendol bisa dilakukan dengan meninggikan mercu dam utama sekaligus tinggi tanggul di kedua sisi sungai. Selain itu aktivitas galian pasir dan normalisasi berkala juga bisa dijadikan alternatif untuk mengembalikan kapasitas tampungan sabo dam yang telah penuh oleh sedimen.