SUMBANGAN HASIL EROSI LAHAN TERHADAP SEDIMENTASI PADA WADUK
(STUDI KASUS : WADUK KEDUNGOMBO)

Rani Risty Fauzi[1], Bambang Sulistiono[2],

[1]Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
Email: rani.risty.f@gmail.com
[2]Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
Email: bambangsulis33@gmail.com

Abstrak: Keberadaan waduk sangat penting dalam menjaga keseimbangan kehidupan. Waduk digunakan untuk menampung air saat musim penghujan dan mendistribusikannya saat musim kemarau. Namun waduk memilik umur layan yang dipengaruhi oleh kapasitas tampungan. Kapasitas tampungan dipengaruhi oleh laju sedimentasi pada waduk. Sedimentasi pada waduk salah satunya bersumber dari erosi lahan pada daerah aliran sungai yang kemudian terangkut oleh aliran air menuju ke dalam waduk. Jumlah material yang terangkut menuju waduk lama kelamaan jika terus dibiarkan akan memenuhi tampungan dan menggangu fungsi waduk. Oleh karena itu besarnya erosi lahan pada daerah aliran sungai erat kaitannya dengan besar sedimentasi yang terjadi dalam waduk, sehingga perlu dilihat sumbangan erosi lahan terhadap total sedimen waduk. Kasus yang diambil dalam penelitian ini adalah sedimentasi Waduk Kedungombo.Erosi lahan dihitung dengan metode USLE, sehingga diperlukan data sekunder sesuai dengan parameter USLE, seperti data hujan, data penggunaan lahan, data jenis tanah, dan data topografi. Untuk menghitung parameter USLE dalam penelitian ini digunakan *software* ArcGIS 10.3. Besaran sedimentasi dalam waduk dihitung berdasarkan peta *bathematri* dasar waduk yang diukur dengan teknik *echosounding*. Laju sedimentasi pada waduk didasarkan hasil pengukuran terbaru yaitu tahun 2012 dan tahun 2015. Berdasarkan analisis yang dilakukan didapat laju erosi lahan sebesar 0,943 juta m^3/tahun, sedangkan laju sedimentasi sebesar 1,224 juta m^3/tahun. Nilai sedimen selama 3 tahun waduk Kedungombo sebesar 3,672 juta m^3 dan nilai sedimen akibat erosi lahan DAS Kedungombo sebesar 2,828713112 juta m^3. Berdasarkan data tersebut didapatkan perbandingan nilai sedimen akibat erosi lahan dibanding sedimen hasil pengukuran tampungan waduk sebesar 2,828713112 m^3 dibanding 3.672.000 m^3 atau sebesar 0,77 dibanding 1 yang berarti erosi lahan memberikan sumbangan 77% dan masih terdapat jenis erosi lainnya yang mempunyai sumbangan terhadap sedimentasi Waduk Kedungombo sebesar 23%. Erosi lain selain erosi lahan dapat berupa erosi tebing sungai dan erosi dasar saluran.

Kata kunci: *erosi, sedimentasi, waduk, USLE ,sumbangan.*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keberadaan waduk sangat penting dalam menjaga keseimbangan kehidupan. Waduk adalah tempat di permukaan bumi yang digunakan untuk menampung air saat musim penghujan dan mendistribusikannya saat musim kemarau. Namun waduk memilik umur layan yang dipengaruhi oleh kapasitas tampungan.

Kapasitas tampungan waduk yang besar dapat menampung air dalam jumlah banyak. Namun, besar tampungan waduk sangat dipengaruhi oleh jumlah sedimentasi yang ada di dalamnya. Sedimentasi yang berlebihan menjadikan kapasitas waduk berkurang dan fungsi waduk menurun. Sedimentasi pada waduk salah satunya bersumber dari erosi lahan pada daerah aliran sungai yang kemudian terangkut oleh aliran air menuju ke dalam waduk. Jumlah material yang terangkut aliran menuju waduk lama kelamaan jika terus dibiarkan akan memenuhi tampungan dan menggangu fungsi waduk. Oleh karena itu besarnya erosi lahan pada daerah aliran sungai erat kaitannya dengan besar sedimentasi yang terjadi dalam waduk. Sehingga perlu dilihat perbandingan nilai sedimentasi akibat erosi lahan dengan nilai sedimentasi pada waduk. Kasus yang diambil dalam penelitian ini adalah sedimentasi Waduk Kedungombo.

Waduk Kedungombo merupakan salah satu waduk terbesar di Provinsi Jawa Tengah yang dibangun pada tahun 1985-1989 juga mengalami masalah sedimentasi. Waduk Kedungombo ditujukan untuk pengelolaan sumber daya air yang berfungsi sebagai sumber air irigasi seluas 64.365 hektar, pemenuhuan air baku sebesar 1.700 liter/detik, dan sebagai sumber energi pembangkit listrik di Jawa Tengah dengan daya 23,90 mega watt (AMT 2015). Melihat pentingnya keberadaan Waduk Kedungombo dan masalah yang dihadapi seperti yang diuraikan sebelumnya maka mendorong peneliti untuk melakukan penelitian yang berjudul "Sumbangan Hasil Erosi Lahan terhadap Sedimentasi pada Waduk (Studi Kasus Waduk Kedungombo)".

1.2 Tujuan Penelitian

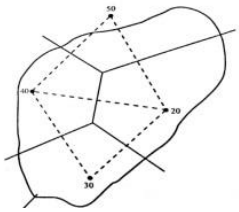
Berdasarkan masalah yang dirumuskan, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

a. Untuk mengetahui besar laju erosi lahan DAS Kedungombo.
b. Untuk mengetahui besar sumbangan hasil erosi lahan terhadap total sedimentasi pada waduk.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Analisis Hujan Kawasan

Analisis hujan kawasan menggunakan metode thiessen. Menurut Triatmodjo, B., (2008) metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya.



Gmabar 2. 1 Poligon Thiessen
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2008)

$$p_{rerata} = \frac{A1.p1+A2.p2+A3.p3+\cdots+An.pn}{A1+A2+A3+\cdots.+An} \qquad (2.1)$$

Dengan :
p_{rerata} = hujan rerata kawasan
p ,...,p_n = hujan pada stasiun 1,2,3,...,n
A_1,...,A_n = luas daerah yang mewakili stasiun 1,2,3,...,n

2.2. Erosi

Dua penyebab utama terjadinya erosi yaitu erosi karena sebab alamiah dan erosi karena aktivitas manusia. Dalam memperediksi laju erosi, dilakukan dengan menggunakan metode USLE *(Universal Soil Loss Equation)*. Metode USLE memungkinkan memprediksi laju erosi rata-rata lahan tertentu pada suatu kemiringan dengan pola hujan tertentu untuk setiap macam-macam jenis tanah dan penerapan pengelolaan lahan. Formulasi digunakan rumus dari Wischmeier dan Smith 1960 dalam Asdak, C., (2010) sebagai berikut :

$$E = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \qquad (2.2)$$

Keterangan :

a. Faktor Erosivitas Hujan (R)

Erosivitas hujan adalah tenaga pendorong yang menyebabkan terkelupas dan terangkutnya partikel-partikel tanah ke tempat yang lebih rendah, hal ini terjadi karena pengaruh jatuhnya butir-butir hujan langsung di atas tanah dan sebagian lagi karena aliran air di atas permukaan tanah. Faktor erosivitas hujan dapat dihitung dengan rumus Lenvain (1998) dalam Asdak. C., (2010) seperti berikut ini.

$$IR = 2{,}21 \,.\, P^{1{,}36} \qquad (2.3)$$

dengan :

IR = Indeks erosivitas

P = Curah hujan bulanan (cm)

b. Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Menurut Saifuddin Sarief (1985) faktor erodibilitas tanah, dengan kata lain faktor kepekaan erosi tanah, diartikan sebagai mudah-tidaknya tanah tersebut tererosi. Faktor erodibilitas tanah besasrnya tergantung pada jenis tanah di lokasi terkait. Besar nilai K dapat diperoleh dengan menggunakan tabel kepekaan tanah sebagai berikut.

Tabel 2. 1 Jenis Tanah dan Nilai Faktor Erodibilitas (K)

No	Jenis Tanah	Nilai K
1	*Latosol* coklat kemerahan dan *litosol*	0,43
2	*Latosol* kuning kemerahan dan *litosol*	0,36
3	Komplek mediteran dan *litosol*	0,46
4	*Latosol* kuning dan kemerahan	0,56
5	Grumusol	0,20
6	Aluvial	0,47
7	*Regusol*	0,40

Sumber : Departemen Kehutanan dalam Hardiyatmo, H.,C., (2012)

c. Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Menurut Chay Asdak (2010) faktor indeks topografi L dan S, masing-masing mewakili pengaruh panjang dan kemiringan lereng terhadap besarnya erosi. Dalam menentukan nilai LS, Weischme(1971) dalam Soewarno (1991) memberikan rumus sebagai berikut ini.

1) Untuk kemiringan lahan < 20%

$$LS = \frac{L^{0,5}}{100} . (1{,}38 + 0{,}965\ S + 0{,}138\ S^2) \qquad (2.4)$$

2) Untuk kemiringan lahan > 20%

$$LS = \left(\frac{L}{22{,}1}\right)^{0,6} . \left(\frac{S}{9}\right)^{1,4} \qquad (2.5)$$

dengan :

LS = Faktor panjang dan kemiringan lereng

L = Panjang lereng (m)

S = Kemiringan lereng dalam %

d. Faktor Tutupan Lahan (C) dan Faktor Pengelolaan Lahan (P)

Besarnya nilai faktor tutupan lahan (C) tergantung pada kerapatan tanaman dan pemeliharaan tanaman. Faktor C menunjukan keseluruhan pengaruh dari vegetasi, seresah, kondisi permukaan tanah, dan pengelolaan lahan terhadap besarnya tanah yang hilang (erosi) (Asdak, C., 2010).

Besarnya nilai faktor pengelolaan lahan (P) tergantung pada aspek konservasi tanah yang dilakukan. Penilaian faktor P di lapangan lebih mudah bila digabungkan dengan faktor C karena dalam kenyataannya kedua faktor tersebut berkaitan erat (Asdak, C., 2010). Beberapa nilai faktor CP telah dapat ditentukan berdasarkan penelitian di Jawa seperti ditampilkan pada Tabel 3.2.

Tabel 2. 2 Faktor Penggunaan Lahan dan Pengelolaan Tanah (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

Sumber : RLKT (Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah) (1986) dalam Hardiyatmo, H.,C., (2012)

2.3. Sedimentasi

Sedimentasi adalah hasil proses erosi, baik berupa erosi permukaan, erosi parit, atau

jenis erosi tanah lainnya. Sedimentasi umumnya mengendap di bagian bawah kaki bukit, di daerah genangan banjir, di saluran air, sungai, dan waduk. Hasil sedimentasi *(sediment yield)* adalah besarnya sedimen yang berasal dari erosi yang terjadi di daerah tangkapan air yang diukur pada periode waktu dan tempat tertentu. Hasil sedimen dari suatu DAS dapat diketahui dengan menghitung nisbah penghantar sedimen *(Sediment Delivery Ratio)*. Menurut *SCS National Engineering Handbook* (DPMA, 1984) dalam Asdak, C., (2010) besarnya perkiraan hasil sedimen dapat dihitung berdasarkan persamaan (2.6).

$$Y = E \cdot (SDR) \cdot Ws \qquad (2.6)$$

Dengan:
Y = Hasil sedimen per satuan luas
E = Erosi
SDR = Nisbah pelepasan sedimen
Ws = Luas daerah tangkapan air

Menurut Suwarno (1991) besarnya harga *SDR* tergantung daripada luas daerah pengaliran sungai, kemiringan dan faktor-faktor lain yang mempengaruhi erosi daerah pengaliran sungai dan pengangkutan sedimen di alur sungai. Nilai *SDR* dapat ditentukan berdasarkan data pada Tabel2.3.

Tabel 2. 3 Nilai SDR

Luas DPS (km^2)	SDR (%)
0,1	53
0,5	39
1,0	35
5,0	27
10,0	24
50,0	15
100,0	13
200,0	11
500,0	8,5
26000,0	4,9

Sumber: DPMA, 1982 (bahan dari Tabel USLE, *Past, Present and Future SSSA Special Publication Number 8*, 1318-1979) dalam Suwarno (1991)

3. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah analitik-komparatif. Analitik berupa penghitungan besar laju sedimentasi diakibatkan oleh erosi lahan pada daerah aliran sungai (DAS) Kedungombo. Komparatif berupa perbandingan anatara hasil perhitungan besar laju sedimentasi diakibatkan oleh erosi lahan dengan hasil pengukuran lapangan volume tampungan Waduk Kedungombo dengan metode *echosounding.*

Data dikumpulkan dari beberapa dinas terkait seperti data hujan dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air dan Tata Ruang Provinsi Jawa Tengah, data tataguna lahan Provinsi Jawa Tengah dari Badan Pertanahan Nasional Provinsi Jawa Tengah, data jenis tanah Provinsi Jawa Tengah dari Badan Pertanahan Nasional Provinsi Jawa Tengah, data kemiringan lereng, dan data pengukuran volume tampungan di lapangan Waduk Kedungombo didapat dari konsultan PT Adiguna Mitra Terpercaya sebagai konsultan perencana pada pekerjaan Rencana Pengelolaan Bendungan Kedungombo dengan Kontrak No. KU.03.01-Ao.6.3/OPSDA I-OPSDAPJ/KNT/05 tanggal 24 April 2015

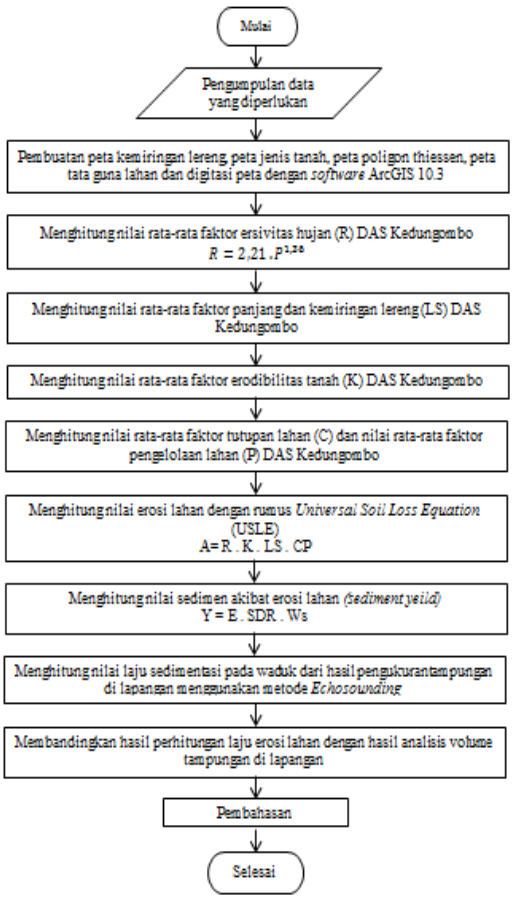
Analisis prediksi laju sedimentasi Waduk Kedungombo menggunakan metode *Universal Soil Loss Equation* (USLE) terdapat beberapa tahapan. Analisis parameter USLE dilakukan dengan bantuan *Software* ARcGIS 10.3. Urutan analisis sedimentasi yang dilakukan adalah sebagai berikut ini.

a. Menghitung nilai rata-rata faktor erosivitas hujan (R) DAS Kedungombo.
b. Menghitung nilai rata-rata faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) DAS Kedungombo.
c. Menghitung nilai rata-rata faktor erodibilitas tanah (K) DAS Kedungombo.
d. Menghitung nilai rata-rata faktor pengelolaan tanaman (C) dan nilai

rata-rata faktor pengelolaan dan konservasi tanah (P) DAS Kedungombo.

e. Mengitung nilai erosi berdasarkan rumus *Universal Soil Loss Equation* (USLE).
f. Menghitung nilai sedimen akibat erosi lahan *(sediment yeild)*.
g. Menghitung nilai laju sedimentasi pada waduk dari hasil pengukuran tampungan di lapangan menggunakan metode *Echosounding*.
h. Membandingkan hasil perhitungan laju sedimen dengan hasil analisis volume tampungan waduk.
i. Menapat hasil perhitungan besar nilai sumbangan erosi lahan terhadap sedimentasi pada waduk

Flowchart penulisan Tugas Akhir dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 *Flowchart* Tugas Akhir

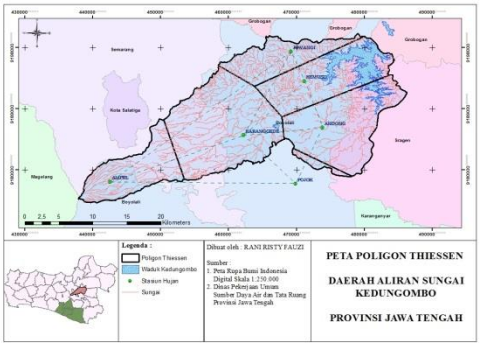
4. ANALISIS DATA

4.1. Perhitungan Laju Erosi

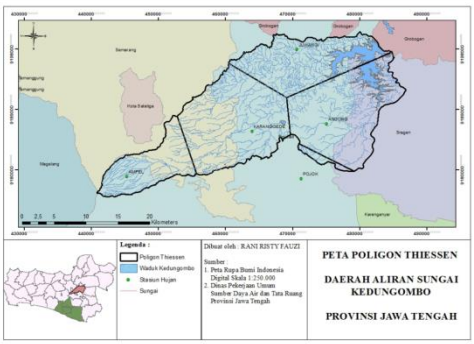
Dalam menganalisis laju erosi, digunakan metode USLE dengan parameter sebagai berikut ini.

a. Faktor Erosivitas Hujan (R)

Perhitungan faktor erosivitas hujan berdasarkan data curah hujan rata-rata bulanan yang dihitung dengan metode thiessen. Hasil peta poligon Thiessen dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.



Gambar 4. 1 Peta Poligon Thiessen 6 Stasiun DAS Kedungombo



Gambar 4. 2 Peta Poligon Thiessen 5 Stasiun DAS Kedungombo

Berdasarkan peta poligon thiessen yang telah dibuat, maka didapat nilai persen luas untuk tiap stasiun hujan yang ada. Persen luas stasiun hujan dapat dilihat pada Tabel 4.1. Dan Tabel 4.2.

Tabel 4. 1 Persen Luas Wilayah 6 Stasiun Hujan

Stasiun Hujan	Luas Wlayah		
	Ha	Km2	%
Ampel	8288,372	82,88	14
Andong	14081,06	111,26	24
Juwangi	6576,363	53,93	11
Pojok	761,9019	41,19	1
Kemusu	11411,61	118,33	19
Karanggede	18695,66	190,55	31

Tabel 4. 2 Persen Luas Wilayah 5 Stasiun Hujan

Stasiun Hujan	Luas Wlayah		
	Ha	Km2	%
Ampel	8288,372	82,88	14
Andong	18390,36	183,90	31
Juwangi	13256,98	132,57	22
Pojok	761,902	7,62	1
Karanggede	19117,36	191,17	32

Berikut contoh perhitungan nilai erosivitas hujan.

Tabel 4. 3 Data Hujan Bulanan Bulan Januari 2010

	Januari					
	Ampel	Andong	Juwangi	Kemusu	Pojok	Karanggede
1	30	35	0	20	11	30
2	15	0	0	25	0	15
3	10	0	54	10	19	0
4	2	30	54	0	23	25
5	0	0	0	40	6	0
6	0	20	8	20	43	45
7	11	40	4	60	36	50
8	150	0	0	5	21	0
9	2	20	12	50	0	30
10	12	0	4	20	23	0
11	0	0	0	15	3	40
12	0	15	24	0	5	0
13	5	50	4	60	15	50
14	17	0	0	0	10	0
15	23	15	3	50	2	20
16	0	25	0	40	0	40
17	0	0	7	40	0	0
18	12	50	0	15	0	60
19	11	0	4	10	0	0
20	35	40	0	0	0	50
21	25	40	1	40	0	60
22	4	15	8	0	0	10
23	25	0	0	10	0	0
24	24	10	8	0	0	10
25	12	50	6	20	13	55
26	87	80	7	40	0	70
27	74	0	0	20	19	5
28	9	25	13	0	74	40
29	22	70	55	20	6	50
30	48	0	8	0	50	0
31	11	60	2	30	0	40
Jumlah	676	690	286	660	379	795

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air dan Tata Ruang Provinsi Jawa Tengah

Hujan rata-rata bulanan

$= \sum(\%\ luas\ wilayah\ tiap\ stasiun * Jumlah\ hujan\ tiap\ bulan)$

Hujan rata-rata bulanan

= (0,14 . 676 + 0,24 . 690 + 0,11 . 286 + 0,19 . 660 + 0,01 . 379 + 0,31 . 795)

= 666,78 mm

Erosivitas Hujan (R)

$= 2,21 \cdot P^{1,36}$

$= 2,21 \cdot (\frac{666,78}{10})^{1,36}$

= 668,352 cm / bulan

Perhitungan seperti di atas dilakukan pada semua bulan selama 5 tahun pengamatan. Rekap hasil perhitungan erosivitas hujan selama 5 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Erosivitas Hujan DAS Kedungombo

	2010	2011	2012	2013	2014
Jan	668,35	247,09	611,31	424,77	165,06
Feb	263,15	208,65	573,71	214,18	226,88
Mar	268,26	358,85	222,10	279,34	304,92
Apr	314,94	227,07	279,95	236,30	299,78
Mei	226,19	210,15	24,97	74,76	38,17
Jun	35,95	9,79	22,83	166,27	72,71
Jul	29,39	60,03	0,00	39,91	22,49
Ags	79,71	0,00	0,00	0,00	25,72
Sep	118,17	24,24	0,00	2,34	0,00
Okt	309,53	1,49	149,35	97,37	19,00
Nov	188,78	338,09	872,03	231,80	310,31
Des	306,16	190,77	1364,86	331,77	271,33

Berdasarkan perhitungan seperti yang tersaji pada Tabel 4.4 dihitung rata-rata total curah hujan bulanan dalam 5 tahun.

Jumlah data = 12661,07 cm

Rata-rata $= \frac{12661,07}{5}$

= 2532,2141 cm / tahun

b. Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Berdasarkan hasil olahan data topografi dengan menggunakan *software* ArcGIS 10.3, maka didapatkan jarak antar elevasi yang nantinya dapat diperhitungkan nilai LS nya. Panjang interval elevasi lereng dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Panjang Interval Elevasi Lereng

No	Elevasi	L (Km)
1	2500 – 3112,5	1,887714
2	2000 – 2500	1,274958
3	1500 – 2000	1,135940
4	1000 – 1500	1,857748
5	500 – 1000	13,315023
6	62,5 - 500	31,484780

Berikut ini contoh perhitungan nilai LS. Diambil pada nilai kemiringan (S) <20% dan >20%.

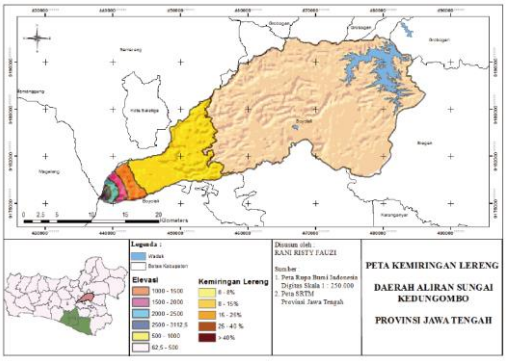
1. Pada elevasi 2500 – 3112,5 m dapat diketahui jarak (L) antar elevasi sebesar 1887,714 meter. Sehingga
   $S=\frac{interval}{L} = \frac{612,5}{1887,714} = 32,44665\%$.
   Dengan nilai S >20%, maka persamaan yang digunakan persamaan 5.2 yaitu:
   $LS = (\frac{1887,714}{22,1})^{0,6}(\frac{32,44665\%}{9})^{1,4}$
   $= 0,137602$

2. Pada elevasi 62,5 - 500 m dapat diketahui jarak (L) antar elevasi sebesar 31484,78 meter. Sehingga
   $S = \frac{interval}{L} = \frac{437,5}{31484,78} = 1,38956\%$.
   Dengan nilai S <20%, maka persamaan yang digunakan persamaan 5.1 yaitu:
   $LS = 31484,78^{0,5} / 100 (1,38+0,965\ 1,38956\%+ 0,138\ 1,38956\%^2)$
   $= 0,009043$

Untuk rekapitulasi perhitungan secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 46. dan Peta Kemiringan Lereng dapat dilihat pada Gambar 4.3.

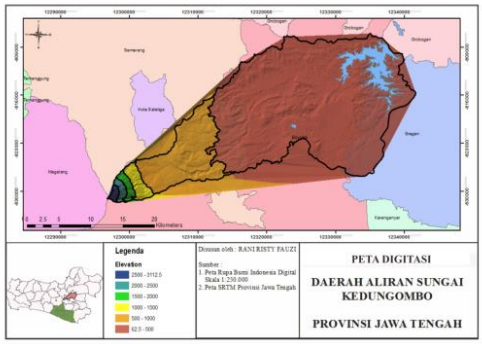
Tabel 4. 6 Rekapitulasi Perhitungan LS

No	Elevasi (m)	Interval (m)	L (m)	S (%)	LS
1	2500 - 3112,5	612,5	1887,714	32,44665	0,137602
2	2000-2500	500	1274,958	39,21698	0,141771
3	1500-2000	500	1135,94	44,01641	0,155489
4	1000-1500	500	1857,748	26,91431	0,104904
5	500-1000	500	13315,023	3,755157	0,021702
6	62,5-500	437,5	31484,78	1,38956	0,009043



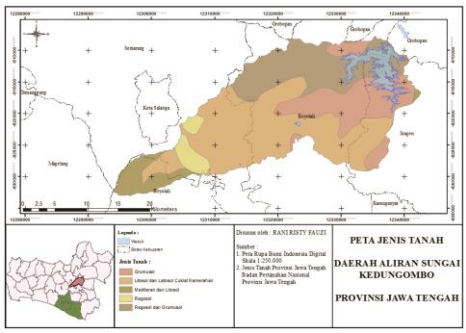
Gambar 4. 3 Peta Kemiringan Lereng DAS Kedungombo

c. Digitasi Peta
Selain nilai faktor panjang dan kemiringan lereng (LS), faktor lain seperti faktor erodibilitas tanah (K), faktor penutupan dan pengelolaan lahan (CP) juga dihitung per interval elevasi. Untuk menghitung nilai faktor K dan faktor CP perlu diketahui luas wilayah tiap interval. Berikut hasil digitasi peta seperti pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Peta Digitasi DAS Kedungombo

d. Faktor Erodibilitas Tanah (K)
Berikut dapat dilihat peta tanah DAS Kedungombo pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Peta Jenis Tanah DAS Keudngombo

Pada data tersebut di atas digunakan untuk menentukan nilai erodibilitas tanah (K). Faktor erodibilitas tanah besarnya tergantung pada jenis tanah di lokasi terkait. Besar nilai K dianalisis berdasarkan Tabel 2.1. Rekapitulasi nilai K rata-rata DAS dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Rekapitulasi Nilai K DAS Kedungombo

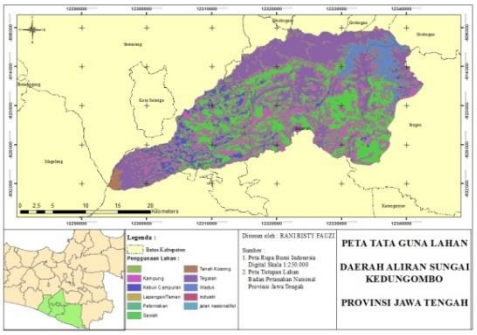
No	Elevasi	Jenis Tanah	Luas (Ha)	Nilai K	Luas*K	Nilai K rerata
1	2500 - 3112,5	Litosol	257,668879	0,46	118,5277	0,46
2	2000 - 2500	Litosol	440,673358	0,46	202,7097	0,46
3	1500 - 2000	Litosol	563,946751	0,46	259,4155	0,46
4	1000 - 1500	Litosol dan Latosol Coklat Kemerahan	155,171548	0,43	66,72377	0,456259297
		Litosol	1089,286214	0,46	501,0717	
5	500 - 1000	Litosol dan Latosol Coklat Kemerahan	5601,519983	0,43	2408,654	0,426715012
		Regosol	2535,573234	0,4	1014,229	
		Litosol	1482,258061	0,46	681,8387	
6	62,5 - 500	Regosol dan grumusol	15064,94624	0,3	4519,484	0,329654894
		Litosol dan Latosol Coklat Kemerahan	20981,2964	0,43	9021,957	
		Mediteran dan Litosol	143,498399	0,46	66,00926	
		Grumusol	2863,892025	0,2	572,7784	
		Grumusol dan Litosol	10072,95358	0,2	2014,591	

e. Faktor Tutupan Lahan (C) dan Faktor Pengelolaan Lahan (P)

Berikut dapat dilihat pada Tabel 4.8 data penggunaan lahan DAS Kedungombo dan peta tata guna lahan pada Gambar 4.6.

Tabel 4. 8 Penggunaan Lahan DAS Keudngombo

No	Penggunaan Lahan	Luas (Ha)	Persen Luas
1	Tegalan	20313,231	34,13%
2	Kampung	11742,253	19,73%
3	Kebun campuran	6355,007	10,68%
4	Lapangan / Taman	20,713	0,03%
5	Peternakan	5,419	0,01%
6	Sawah	17040,157	28,63%
7	Tanah kosong	410,365	0,69%
9	Waduk	3601,397	6,05%
10	Industri	22,263	0,04%
11	Jalan nasional / Tol	8,812	0,01%



Gambar 4. 6 Peta Tata Guna Lahan DAS Kedungombo

Berdasarkan data penggunaan lahan yang telah diolah maka akan digunakan untuk menentukan nilai faktor tutupan lahan (C) dan faktor pengelolaan lahan (P). Besarnya nilai faktor tutupan lahan (C) dipengaruhi kerapatan dan pemeliharaan tanaman. Tingkat erosi yang terjadi sebagai akibat pengaruh akitivitas pengelolaan dan konservasi tanah (P) bervariasi, terutama tergantung pada kemiringan lereng. Rekapitulasi nilai CP rata-rata DAS dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Rekapitulasi Nilai CP DAS Kedungombo

No	Elevasi	TTG	Luas (Ha)	CP	Luas*CP	CP rata-rata
1	2500 - 3112,5	Tegalan	257,668878	0,75	193,2517	0,75
2	2000 - 2500	Tegalan	440,673356	0,75	330,505	0,75
3	1500 - 2000	Kampung	2,41315	0,6	1,44789	0,749358144
		Tegalan	561,533626	0,75	421,1502	
4	1000 - 1500	Kampung	144,99587	0,6	86,99752	0,730718681
		Kebun Campuran	4,989792	0,3	1,496938	
		Tegalan	1094,4721	0,75	820,8541	
5	500 - 1000	Kampung	2675,125825	0,6	1605,075	0,3860689
		Kebun Campuran	3448,997425	0,3	1034,699	
		Lapangan / Taman	11,026072	0,3	3,307822	
		Peternakan	4,44222	0,6	2,665332	
		Sawah	2195,801052	0,05	109,7901	
		Tegalan	1252,128195	0,75	939,0961	
		Industri	22,804279	0,6	13,68257	
		Jalan Nasional / Tol	9,026197	0,6	5,415718	
6	62,5 - 500	Kampung	9209,033839	0,6	5525,42	0,452316253
		Kebun Campuran	3054,536569	0,3	916,361	
		Lapangan / Taman	10,18784	0,3	3,056352	
		Peternakan	1,107201	0,6	0,664321	
		Sawah	15255,03033	0,05	762,7515	
		Tegalan	17615,89574	0,75	13211,92	
		Waduk	3687,075342	0	0	
		Sungai	293,804026	0	0	

f. Perhitungan Besar Erosi

Nilai erosi dihitung berdasarkan persamaan (2.2). Perhitungan besar erosi lahan disajikan pada Tabel 4.10 yang sudah dihitung untuk tiap interval elevasi. Total besar erosi

lahan DAS Kedungombo adalag sebesar 480,816258978 Ton/Ha/Tahun.

Tabel 4. 10 Rekap Perhitungan Nilai Besar Erosi Lahan DAS Kedungombo

No	Elevasi	R	LS	K	CP	A
1	2500 - 3112,5	2532,214	0,137602	0,46	0,75	120,2110016
2	2000-2500	2532,214	0,141771	0,46	0,75	123,8528333
3	1500-2000	2532,214	0,155489	0,46	0,749358	135,7208288
4	1000-1500	2532,214	0,104904	0,456259	0,730719	88,56376067
5	500-1000	2532,214	0,021702	0,426715	0,386069	9,053421843
6	62,5-500	2532,214	0,009043	0,329655	0,452316	3,414412745

4.2. Perhitungan Nilai Sedimen

Pada perhitungan nilai sedimen terlebih dahulu perlu dihitung nisbah penghantar sedimen *(SDR)*. Perhitungan *SDR* berdasarkan Tabel 2.3 dengan menggunakan nilai luas DAS.

Berikut pehitungan nilai SDR :

Luas DAS = 612,53 km^2 = 61253 Ha

$$\frac{SDR - 4{,}9}{8{,}5 - 4{,}9} = \frac{26000 - 612{,}53}{26000 - 500}$$

$$(SDR - 4{,}9).(26000 - 500) = (8{,}5 - 4{,}9).(26000 - 612{,}53)$$

$$25500\,SDR - 124950 = 91394{,}892$$

$$SDR = \frac{91394{,}892 - 124950}{25500} = 8{,}484117647\ \%$$

Nilai sedimen yang didapat dibagi dengan nilai berat jenis sedimen waduk. Menurut Suwarno, (1991) berat jenis sedimen antara 2,60 – 2,70 ton/m^3. Maka untuk perhitungan diasumsikan berat jenis sedimen diambil rata-rata yaitu 2,65 ton/m^3.

Perhitungan nilai sedimen :

Y = E . *SDR* . Ws

= 480,8166258978 . 8,484117647 % . 61253

= 2.498.696,582 ton/tahun

$$Y = \frac{2.498.696{,}582\ \text{ton/tahun}}{2{,}65\ ton/m^3}$$

= 942.904,3705 m^3/tahun

4.3. Data Sedimen Waduk Kedungombo

Berikut disajikan hasil pengukuran tampungan waduk pada Tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Hasil Pengukuran Tampungan Waduk Kedungombo

Elevasi	2012		2015	
	Luas (km^2)	Volume (Juta m^3)	Luas (km^2)	Volume (Juta m^3)
40,00	0,00	0,00	0,00	0,00
45,00	0,00	0,00	0,00	0,00
50,00	0,06	0,10	0,05	0,08
55,00	1,86	3,84	1,55	3,21
60,00	4,02	18,20	5,27	19,35
65,00	8,29	48,32	8,26	52,88
70,00	11,66	97,95	12,35	104,05
75,00	18,53	172,75	19,04	181,90
80,00	28,24	288,83	29,09	301,32
85,00	42,11	463,56	38,61	469,99
90,00	47,90	688,41	47,44	684,74

Sumber : PT. Adiguna Mitra Terpercaya *Consultants*

Keterangan:

2012 Hasil pengukuran Oleh : PT. Caturbina Guna Persada

2015 Hasil pengukuran Oleh : PT. Adiguna Mitra Terpercaya *Consultants*

Berdasarkan analisis laju sedimentasi dengan perbandingan kapasitas tampungan tahun 2015 dan kapasitas tampungan tahun 2012 diperoleh besar laju sedimentasi sebesar 1,224 juta m^3/tahun. Berarti selama 3 tahun dari tahun 2012 hingga 2015 penambahan total sedimen sebesar 3,672 juta m^3.

4.4. Pebandingan Hasil Perhitungan Nilai Sedimentasi Akibat Erosi Dan Nilai Sedimentasi Waduk Kedungombo

Nilai sedimen DAS Kedungombo akibat erosi lahan yang dihitung dengan metose USLE didapatkan nilai sebesar 942.904,3705 m^3/tahun atau 0,9429043705 juta m^3/tahun. Sedangkan nilai laju sedimentasi Waduk Kedungombo tahun 2012 hingga 2015 yang diukur dengan metode *echosounding* adalah sebesar 1,224 juta m^3/tahun. Jika dihitung nilai sedimen selama tahun 2012 hingga tahun 2015 waduk Kedungombo sebesar 3,672 juta m^3 dan nilai sedimen akibat erosi lahan DAS Kedungombo sebesar 2,828713112 juta m^3.

Berdasarkan data tersebut didapatkan perbandingan nilai sedimen akibat erosi lahan : sedimen hasil pengukuran tampungan waduk sebesar 2.828.713,112 m^3 : 3.672.000 m^3 atau sebesar 0,77 : 1 yang berarti erosi lahan memberikan sumbangan 77% dan masih terdapat jenis erosi lainnya yang mempunyai sumbangan terhadap sedimentasi Waduk Kedungombo sebesar 23%. Erosi lain selain erosi lahan

dapat berupa erosi tebing sungai *(streambank erosion)* dan erosi dasar saluran apabila turbulensi aliran lebih besar dari pada gravitasi partikel sedimen.

5. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan analisis yang dilakukan dalam evaluasi produk sedimentasi dengan laju erosi pada Waduk Kedungombo maka didapatkan hasil sebagai berikut.

a. Hasil perhitungan nilai sedimentasi akibat erosi lahan didapat sebesar 0,9429043705 juta m^3/tahun.
b. Nilai laju sedimentasi Waduk Kedungombo tahun 2012 hingga 2015 yang diukur dengan metode *Echosounding* adalah sebesar 1,224 juta m^3/tahun.
c. Nilai sedimen selama tahun 2012 hingga tahun 2015 waduk Kedungombo sebesar 3,672 juta m^3 dan nilai sedimen akibat erosi lahan DAS Kedungombo sebesar 2.828.713,112 m^3.
d. Perbandingan volume sedimen sebesar 0,77 : 1 yang berarti erosi lahan memberikan sumbangan 77% dan masih terdapat jenis erosi lainnya yang mempunyai sumbangan terhadap sedimentasi Waduk Kedungombo sebesar 23%. Erosi lain selain erosi lahan dapat berupa erosi tebing sungai *(streambank erosion)* dan erosi dasar saluran apabila turbulensi aliran lebih besar dari pada gravitasi partikel sedimen.
e. Perhitungan nilai sedimen akibat erosi lahan dengan metode USLE pada DAS Kedungombo tidak bisa mewakili nilai seluruh sedimen yang berada dalam Waduk Kedungombo.

5.2. Saran

Dengan memperhatikan penelitian maka didapatkan beberapa saran untuk memperbaiki dan menambah analisis penelitian sebagai berikut.

a. Perlu adanya pemilihan stasiun hujan yang tepat agar tidak terjadi kekosongan data pada tahun tertentu.
b. Perlu dilakukan pengujian berat spesifik sedimen khusus pada daerah penelitian DAS Kedungombo.
c. Perlu dilakukan penelitian tentang erosi secara keseluruhan tidak hanya erosi lahan.

6. DAFTAR PUSTAKA

Asdak, C.. 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Hardiyatmo, H.C.. 2012. *Tanah Longsor & Erosi Kejadian dan Pengendalian*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

PT. Adiguna Mitra Terpercaya. 2015. Laporan Akhir. Rencana Pengelolaan Bendungan Kedungombo dengan Kontrak No. KU.03.01-Ao.6.3/OPSDA I-OPSDAPJ/KNT/05 tanggal 24 April 2015.

Sarief,.S.. 1985. *Konservasi Tanah dan Air*, Pustaka Buana. Bandung.

Soewarno. 1991. *Hidrologi Pengukuran dan Pengelolaan Data Aliran Sungai (Hidrometri).* Nova. Bandung.

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