

KAJIAN EROSI DENGAN METODE MUSLE DAERAH TANGKAPAN HUJAN WADUK SERMO KABUPATEN KULON PROGO, DAERAH ISTIMEWAYOGYAKARTA

Oleh :

Silta Yulan Nifen ¹⁾, Bambang Agus Kironoto²⁾, Djoko Luknanto³⁾

¹⁾Dosen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Padang
²⁾Dosen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Universitas Gajah Mada
³⁾Dosen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Universitas Gajah Mada

Abstrak

Waduk pada hilir DAS dipengaruhi beberapa faktor salah satunya erosi. Pendangkalan waduk yang disebabkan oleh sedimentasi banyak terjadi di Indonesia seperti Daerah Tangkapan Hujan (DTH) Waduk Sermo. Metode MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*) lebih unggul dibanding dengan Metode USLE yang biasa digunakan untuk menghitung laju erosi. Metode MUSLE menggunakan software Arc.GIS 10.1 serta software ENVI 4.5 untuk menghitung kerapatan vegetasi. Dari hasil analisis diperoleh laju erosi yang terjadi di DTH Waduk Sermo sebesar 6,97 mm/tahun atau 125,42 ton/ha/tahun. Tingkat bahaya erosi sangat berat seluas 82,296 Ha atau 4,24 %.

Kata kunci : waduk, erosi, daerah tangkapan hujan (DTH), MUSLE

1. Pendahuluan

Waduk pada hilir DAS dipengaruhi beberapa faktor salah satunya erosi. Jika pada waduk, sedimentasi akan menyebabkan pendangkalan yang dapat mempengaruhi umur dan fungsi waduk. Salah satu daerah yang mengalami peristiwa ini yaitu di wilayah sub-DAS Ngrancah yang hilirnya terdapat Waduk Sermo, Kabupaten Kulon Progo Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Legono (2004) dalam Setiawan (2010) menyebutkan dari tahun 1997-2001, terjadi sedimentasi sebesar 750,65 m³/tahun diakibatkan karena proses pembangunan di DTH Waduk Sermo, sedangkan data *echosounding* dari Balai Pengelolaan Sumber Daya Air (BPSDA) menunjukkan bahwa dari tahun 1997-2007, volume sedimen yang masuk ke waduk sebesar 5.912.600 m³/tahun. Tujuan dari penelitian yaitu tentang perkiraan laju erosi lahan di DTH Waduk Sermo dan tingkat bahaya erosi yang terjadi di DTH Waduk Sermo

2. Tinjauan Pustaka

Arsyad (2006) menjelaskan bahwa erosi merupakan peristiwa pengikisan, perpindahan serta pengangkutan bagian-bagian tanah dari suatu tempat ke tempat lain oleh media alami seperti air dan angin. Proses terangkutnya erosi pada suatu tempat bisa menjadi hasil sedimen (*sediment yield*) yaitu besarnya sedimen yang berasal dari erosi yang diukur pada periode waktu dan tempat tertentu di daerah tangkapan air (Asdak, 2007). Sementara sedimentasi merupakan pengendapan butir-butir tanah yang hanyut dan terangkut ke tempat yang lebih rendah seperti sungai atau waduk (Kartasapoetra, 2010). Beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan waduk, erosi dan MUSLE adalah penelitian dari Setiawan (2010) dan Saidah (2007).

3. Landasan Teori

MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*) merupakan model erosi USLE yang disempurnakan atau dimodifikasi dengan tujuan agar dapat diperoleh bentuk persamaan baru yang lebih sesuai dengan daerah tertentu selain daerah pertanian, formulanya disajikan dalam Pers. (1)

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot VM \quad (1)$$

dengan

- A : erosi rata-rata tahunan (ton/ha),
 R : indeks erosivitas,
 K : indeks erodibilitas,
 LS : faktor topografi
 VM : faktor konservasi tanah dan sistem pertanaman.

3.1 Faktor Erosivitas Hujan (R)

Arsyad (2010) dalam Banuwa (2013) menyebutkan bahwa erosivitas hujan (*rain erosivity*) merupakan kemampuan air hujan untuk menimbulkan erosi permukaan. Persamaan yang digunakan adalah erosivitas hujan harian, Pers. (2):

$$R_d = \frac{2,467 (P_d)^2}{0,002727 P_d + 0,725} \quad (2)$$

dengan

- R_d : erosivitas hujan harian
 P_d : curah hujan harian dalam (cm)

3.2 Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Faktor erodibilitas disebut juga dengan kepekaan tanah terhadap erosi merupakan daya tahan tanah terhadap pelepasan dan pengangkutan, yang dipengaruhi oleh sifat-sifat tanah seperti tekstur tanah, stabilitas agregat, kekuatan geser, kapasitas infiltrasi, kandungan bahan organik dan kimiawi (Suripin, 2004). Untuk mendapatkan nilai K , maka dapat menggunakan Tabel 1 yang dikeluarkan oleh Dinas RLKT, Departemen Kehutanan.

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

No	Jenis tanah	Faktor K
1	<i>Latosol</i> coklat kemerahan dan <i>litosol</i>	0,43
2	<i>Latosol</i> kuning kemerahan dan <i>litosol</i>	0,36
3	Komplek mediteran dan <i>litosol</i>	0,46
4	<i>Latosol</i> kuning kemerahan	0,56
5	Grumusol dan Andosol	0,20
6	Aluvial	0,47
7	<i>Regosol</i>	0,40

Sumber: Kironoto dan Yulistiyanto (2000)

3.3 Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Faktor panjang lereng (L) dan kemiringan lereng (S), sering menjadi faktor (LS) yaitu satu kesatuan dari faktor bentuk lahan terhadap prediksi laju erosi yang terjadi. Nilai faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) dapat ditentukan dengan menggunakan Tabel 2 yang dikeluarkan oleh Departemen Kehutanan, sebagai berikut:

Tabel 2. Penilaian Kelas Lereng dan Faktor *LS*

No	Kelas Lereng	Kemiringan Lereng	<i>LS</i>
1	I	0 – 8%	0,4
2	II	8 – 15 %	1,4
3	III	15 – 25 %	3,1
4	IV	25 – 40 %	6,8
5	V	> 40%	9,5

Sumber: Kironoto dan Yulistiyanto (2000)

3.4 Faktor Konservasi Tanah dan Sistem Pertanaman(*VM*)

Faktor konservasi tanah dan sistem pertanaman atau disebut juga dengan faktor kerapatan vegetasi/tanaman. Perhitungan dan penentuan faktor konservasi tanah dan sistem pertanaman dapat menggunakan pedoman yang dikeluarkan *U.S Soil Conservation Service* (1977), menentukan besarnya nilai *VM* untuk berbagai tataguna lahan dapat menggunakan Tabel berikut:

Tabel 3. Faktor *VM* Untuk Beberapa Tipe Vegetasi Penutup Tanah

Vegetasi Penutup			Tumbuhan Bawah					
Tipe dan tinggi tajuk ¹	Tajuk ² penutup p	Tipe ³	Persen penutupan (%)					
			0	20	40	60	80	95-100
Kondisi tanpa tajuk Semak-belukar rendah (0,5m dari tanah)	25	G	0,45	0,20	0,10	0,042	0,013	0,003
		W	0,45	0,24	0,15	0,090	0,043	0,011
		G	0,36	0,17	0,09	0,038	0,012	0,003
		W	0,36	0,20	0,13	0,082	0,041	0,011
		G	0,26	0,13	0,07	0,035	0,012	0,003
		W	0,26	0,16	0,11	0,075	0,039	0,011
Semak atau tanaman bawah lainnya (2m dari bawah)	25	G	0,17	0,10	0,06	0,031	0,011	0,003
		W	0,17	0,12	0,09	0,038	0,038	0,011
		G	0,40	0,18	0,09	0,040	0,013	0,003
		W	0,40	0,22	0,14	0,085	0,042	0,011
		G	0,34	0,16	0,085	0,038	0,012	0,003
		W	0,34	0,19	0,13	0,081	0,041	0,011
Pohon-pohonan dengan sedikit semak (4m dari tanah)	25	G	0,28	0,14	0,08	0,036	0,012	0,003
		W	0,28	0,17	0,12	0,077	0,040	0,011
		G	0,42	0,19	0,10	0,041	0,013	0,003
		W	0,42	0,23	0,14	0,087	0,042	0,011
		G	0,42	0,19	0,10	0,041	0,013	0,003
		W	0,42	0,23	0,14	0,087	0,042	0,011

Asumsi yang digunakan :

- 1) Penyebaran vegetasi/serasah secara acak,
- 2) Ketebalan serasah cukup. Tanah tidak produktif dapat diartikan sebagai tanah yang tidak dimanfaatkan selama tiga tahun berturut-turut. Juga dapat diartikan sebagai areal hutan yang selesai dipungut hasilnya (kurang dari tiga tahun berselang).

¹ Rata-rata ketinggian air jatuh bebas dari tajuk ke permukaan tanah

² Bagian tanah yang terlindung tajuk tanaman bila dilihat dari atas

³ G = rumput atau tanaman yang menyerupai rumput, ketinggian sekitar 2,5cm.

W = semak dengan tajuk daun lebar atau serasah yang belum membusuk

Tabel 4. Faktor *VM* Untuk Daerah Berhutan yang Tidak Terganggu

Tajuk efektif ¹ (%)	Serasah Hutan ² (%)	Nilai <i>VM</i> ³
100-75	100-90	0,0001-0,001
75-40	85-75	0,002-0,004
35-20	70-40	0,003-0,009

¹Bila luas tajuk efektif kurang dari 20%, daerah tersebut dapat sebagai padang rumput

²Serasah hutan diasumsikan mempunyai ketebalan 2,5cm pada daerah naungan

³Nilai *VM* berkaitan dengan daerah naungan. Tajuk yang rendah efektif dalam mengurangi dampak negatif air hujan terhadap permukaan tanah dengan menurunkan nilai *VM*. Tajuk yang tinggi, lebih dari 13 m, kurang efektif dalam mengurangi dampak negatif air hujan dengan demikian tidak berpengaruh terhadap besarnya nilai *VM*.

Sumber: Asdak (2010)

3.5 Indeks penutupan lahan/tajuk penutup dan nilai *NDVI*

Indeks Penutupan Lahan suatu DAS adalah suatu perbandingan luas lahan bervegetasi permanen dengan luas DAS (RTkRHL-DAS, 2009). Indeks penutupan lahan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$IPL = \frac{LVP}{L} \times 100 \% \quad (3)$$

dengan

IPL : Indeks Penutupan Lahan

LPV : Luas lahan bervegetasi permanen (ha)

L : Luas DAS/sub-DAS (ha)

Tajuk penutup merupakan tanaman/vegetasi yang menutupi tanah, seperti serasah, daun-daun yang gugur atau mulsa (sisa-sisa tanaman). *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)* merupakan salah satu indeks vegetasi dalam bentuk transformasi citra yang menonjolkan aspek kerapatan vegetasi (Danoedoro, 2012). Persamaan untuk menghitung nilai *NDVI* adalah Pers. (4) (Samahelu, 2013):

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)} \quad (4)$$

dengan

NDVI : Indeks vegetasi

NIR : *Near Infra Red* atau Band Infra Merah Dekat

Red : *Red (visible)* atau Band Merah

Untuk mengetahui gambaran bahwa tingkat erosi membahayakan atau tidak pada suatu daerah tangkapan hujan, maka dapat diketahui dengan klasifikasi kelas bahaya erosi seperti Tabel 5.

Tabel 5. Klasifikasi Kelas Bahaya Erosi

Kelas bahaya erosi	Tanah hilang, A dalam (ton/ha/tahun)	Keterangan
I	<15	Sangat Ringan
II	15-60	Ringan
III	60-180	Sedang
IV	180-480	Berat
V	>480	Sangat Berat

Sumber: Kironoto dan Yulistiyanto (2000)

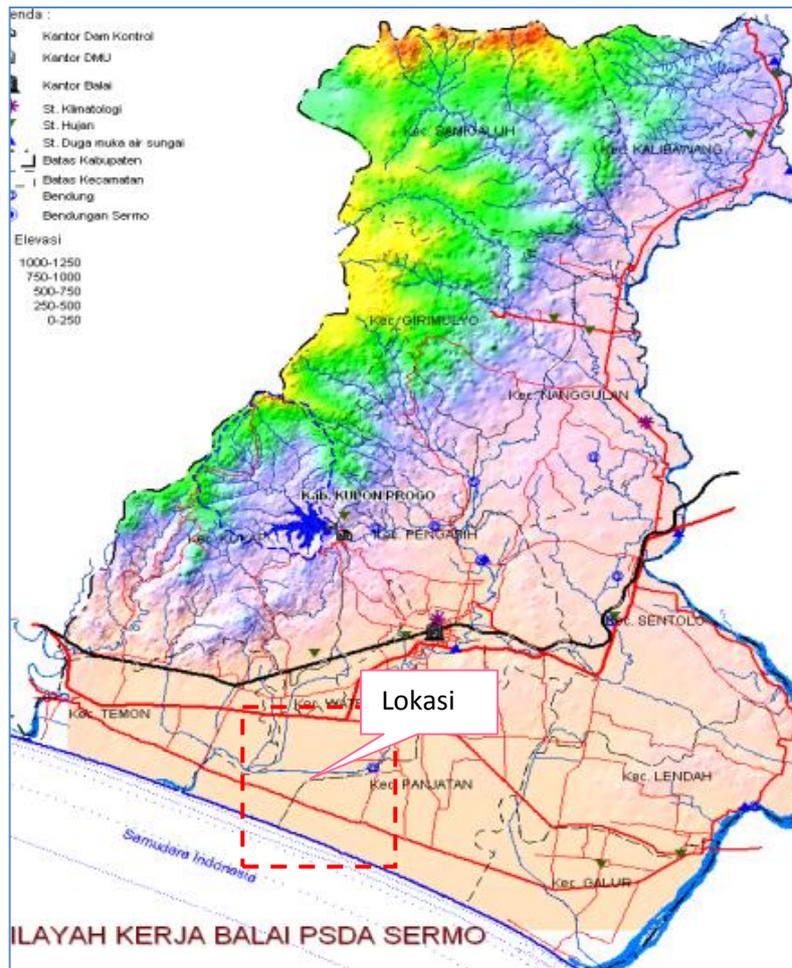
Besarnya laju erosi tertinggi masih dapat ditoleransi supaya dapat terpelihara kedalaman tanah yang mampu membantu pertumbuhan tanaman agar mencapai produktifitas yang tinggi disebut dengan batas toleransi erosi.

4. Metode Penelitian

Lokasi penelitian yaitu di DTH Waduk Sermo terletak di Kali Ngrancah, Dusun Sermo, Desa Hargowilis, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (Gambar 1). DTH Waduk Sermo dapat dilihat pada Gambar 2.

Data-data yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut:

- Data curah hujan Tahun 2004-2013 DTH Waduk Sermo dengan 3 stasiun hujan yang berada pada dalam/dekat daerah tangkapan Waduk Sermo. (Sumber: Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Serayu-Opak Daerah Istimewa Yogyakarta dan Badan Pengelolaan Sumber Daya Air (BPSDA) Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta)
- Peta Daerah Tangkapan Hujan (DTH) Waduk Sermo. (Sumber: BPSDA Provinsi DIY)
- Peta Jenis Tanah DTH Waduk Sermo. (Sumber: BBWS Serayu-Opak DI. Yogyakarta)
- Peta Kontur DTH Waduk Sermo. (Sumber: BBWS Serayu-Opak DI. Yogyakarta)
- Peta Penggunaan lahan kawasan DTH Sermo (Sumber: Google Earth perekaman pada 9 September 2013)
- Peta Kerapatan Vegetasi DTH Waduk Sermo. (Sumber: <http://earthexplorer.usgs.gov/>)



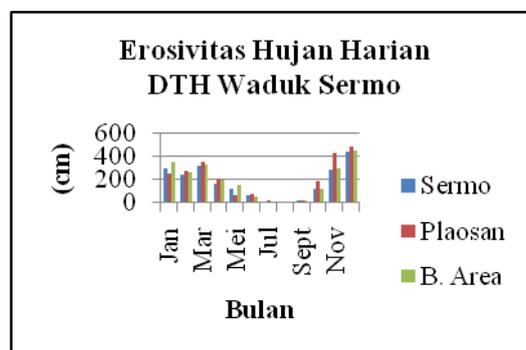
Gambar 1. Lokasi penelitian

5. Hasil dan Pembahasan

5.1 Erosi Lahan di DTH Waduk Sermo

5.1.1 Nilai Faktor Erosivitas Hujan

Data curah hujan yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari 3 lokasi stasiun yaitu Stasiun Sermo, Stasiun Plaosan dan Stasiun Borrow Area. Data curah hujan yang diperoleh berupa data curah harian maka nilai erosivitas hujan harian sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik Erosivitas DTH Waduk Sermo

Pada umumnya, makin besar luas pengaruh stasiun hujan maka akan semakin besar pula pengaruh terhadap erosi tanah. Untuk mengetahui daerah yang berpengaruh pada masing-masing stasiun berdasarkan curah hujan maka nilai erositivitas hujan hariandihitung menggunakan Peta Poligon Thiessen. Hasil perhitungan luas Poligon Thiessen dapat dilihat pada Tabel 6 sebagai berikut :

Tabel 6. Luas Poligon Thiessen DTH Waduk Sermo

No.	Nama Stasiun	Poligon Thiessen	
		Luas (ha)	Persentase (%)
1	Sermo	77,779	4,00
2	Plaosan	1268,402	65,27
3	Borrow Area	597,001	30,72
	Jumlah	1943,18	100,00

Untuk peta poligonnya DTH Waduk Sermo dapat dilihat pada Gambar 4

5.1.2 Nilai Faktor Erodibilitas Tanah

Nilai Erodibilitas Tanah DTH Waduk Sermo per luas masing-masing jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 7 untuk Peta Jenis Tanah DTH Waduk Sermo disajikan pada Gambar 5.

Tabel 7. Jenis Tanah dan Nilai Erodibilitas Tanah

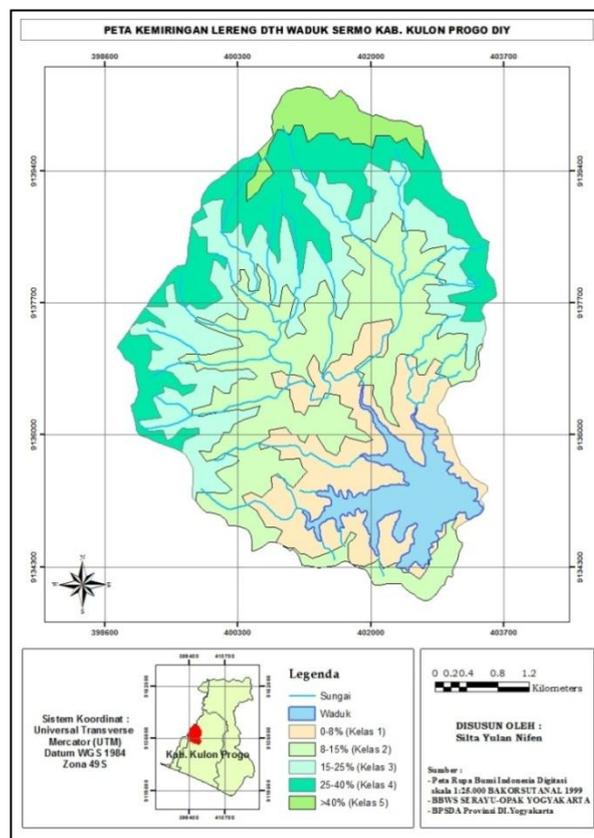
No. Unit	Jenis Tanah	Simbol	Nilai (K)	Luas	
				ha	%
1	Komplek Mediteran Litosol	KML	0,460	499,14	25,69
2	Latosol Coklat Kemerahan Litosol	LCKL	0,430	1420,48	73,10
3	Latosol Kuning Kemerahan	LKK	0,560	1,53	0,08
4	Latosol Kuning Kemerahan Litosol	LKKL	0,360	22,03	1,13
	Jumlah			1943,18	100,00

5.1.3 Nilai Faktor Panjang Dan Kemiringan Lereng

Nilai kemiringan lereng dan panjang lereng DTH Waduk Sermo dapat dilihat pada Tabel 8., sedangkan Peta Kemiringan Lereng pada DTH Waduk Sermo tergambar pada Gambar 6.

Tabel 8. Kemiringan dan Panjang Lereng

Kelas	Kemiringan Lereng (%)	Indeks LS	Luas	
			ha	%
I	0 - 8 %	0,40	370,69	19,08
II	8 - 15%	1,40	612,33	31,51
III	15 - 25 %	3,10	477,55	24,58
IV	25 - 40 %	6,80	388,92	20,01
V	> 40 %	9,50	93,70	4,82
Jumlah			1943,18	100,00



Gambar 6. Peta Kemiringan Lereng DTH Waduk Sermo

5.1.4 Nilai Faktor Konservasi Tanah dan Sistem Pertanaman (*VM*)
 Hasil analisis *NDVI* bisa dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Analisis *NDVI* pada DTH Waduk Sermo

Tingkat Kerapatan Vegetasi	Nilai <i>NDVI</i>	Luas area (ha)	Penggunaan Lahan
Jarang	(-0,0419) sampai (-0,0276)	28,416	
Sedang	(-0,0276) sampai 0,0008	175,482	Hutan , Kebun Campur, Permukiman dan Tegalan
Rapat/tinggi	0,0008 sampai 0,0151	1708,893	

Nilai *VM* diperoleh dari luasan lahan bervegetasi berdasarkan Peta Kerapatan Vegetasi yang terlihat pada Gambar 7.

Tabel 10. Persentase dari hasil interpolasi Tajuk Penutup dan tumbuhan bawah untuk Nilai *VM*

Simbol	Persen tajuk	Persen Tumbuhan	Tipe dan Tinggi	Nilai <i>VM</i> (Inter-polasi)
	Penutup	Bawah	Tajuk Veg.Penutup*	
H	91,75	90 - 100	Pohon dengan semak tinggi. 4 m	0,00040
Kc	97,11	60	Pohon dengan semak tinggi. 4 m	0,038
P	97,03	40	Pohon dengan semak tinggi. 4m	0,090
Tg	93,23	60	Semak/tumbuhan bawah 2 m dr.tanah	0,035

Asumsi :	Rendah	= 20
	Sedang	= 40
	Tinggi	= 60
	Klasifikasi hutan	= 80-100

* Faktor *VM* untuk beberapa tipe vegetasi penutup tanah

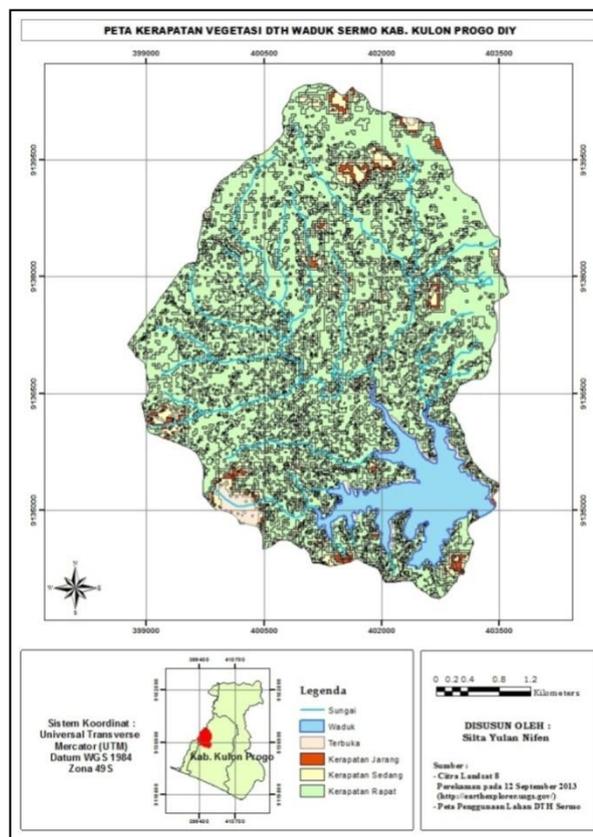
Setelah diperoleh semua nilai *R, K, LS, VM* maka dapat diperoleh hasil perhitungan erosi lahan DTH Waduk Sermo yang dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Erosi Lahan

No	Bulan	Luas Lahan	Erosi	
		(ha)	ton/bulan	mm/bulan
1	Januari	1943,15	27.582,76	0,79
2	Februari	1943,15	28.366,90	0,81
3	Maret	1943,15	35.925,54	1,03

4	April	1943,15	21.007,84	0,60
5	Mei	1943,15	8.017,91	0,23
6	Juni	1943,15	7.790,51	0,22
7	Juli	1943,15	2.173,67	0,06
8	Agustus	1943,15	48,54	0,00
9	September	1943,15	2.522,20	0,07
10	Oktober	1943,15	18.644,49	0,53
11	November	1943,15	42.738,67	1,22
12	Desember	1943,15	48.890,85	1,40
A (ton/tahun)			243.709,89	
A (ton/ha/tahun)			125,42	
A (mm/tahun)				6,97

Ket : Asumsi berat jenis sedimen sebesar 1,8 ton/m³



Gambar 7. Peta Kerapatan Vegetasi DTH Waduk Sermo

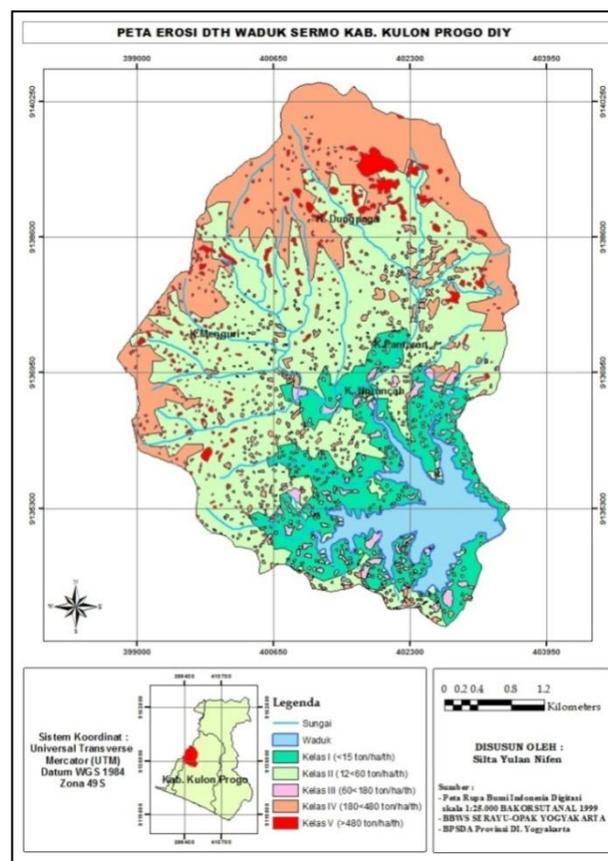
Berdasarkan hasil perhitungan erosi lahan yang terjadi di DTH Waduk Sermo menggunakan metode MUSLE diperoleh sebesar 243.709,89ton/tahun atau setara dengan 6,97 mm/tahun. Erosi terendah terjadi pada bulan Agustus sebesar 0,00 mm/bulan, sedangkan pada bulan Desember mengalami erosi tertinggi yaitu sebesar 1,40 mm/bulan.

Berdasarkan hasil perhitungan erosi yang diperoleh maka dapat dikelompokkan erosi tersebut ke dalam Tingkat Bahaya Erosi (TBE) Tabel 12. dan Peta Erosi untuk DTH Waduk Sermo dapat dilihat pada Gambar 8 .

Tabel 12. Klasifikasi Bahaya Erosi DTH Waduk Sermo

Klas	Erosi	Tingkat Bahaya	Luas	Persentase
	(Ton/Ha/Tahun)		(ha)	(%)
I	< 15	Sangat Ringan	317,274	16,33
II	15 < 60	Ringan	952,451	49,02
III	60 ≤ 180	Sedang	65,725	3,38
IV	180 ≤ 480	Berat	525,401	27,04
V	≥ 480	Sangat Berat	82,296	4,24

Hasil perhitungan erosi lahan diperoleh per tahun sebesar 243.709,89 ton/tahun, untuk mendapatkan total erosi lahan maka dibagi dengan berat jenis sedimen sebesar 1,8 ton/ m³ maka diperoleh hasil erosi lahan sebesar 135.394,39m³/tahun.



Gambar 8. Peta Erosi DTH Waduk Sermo

Tingkat bahaya erosi sangat ringan terjadi sebesar seluas 317,274 Ha atau 16,33%, sedangkan tingkat bahaya sangat berat seluas 82,296 atau 4,24%. Secara keseluruhan, erosi yang terjadi di DTH Sermo sebesar 125,42ton/ha/tahun, maka termasuk klasifikasi sedang. Hal ini disebabkan bahwa hutan memiliki persentase tumbuhan bawah (serasah hutan) yang baik sehingga dapat melindungi tanah dari tumbukan air hujan.

Daftar Pustaka

- Arsyad, Sitanala. 2012. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press.
- Asdak, Chay., 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Kartasapoetra., 2010. *Teknologi Konservasi Tanah dan Air*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Kironoto, BA dan Yulistiyanto, B., 2000. *Konservasi Lahan*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Saidah, Humairo., 2007. *Modifikasi Model Sediment Delivery Ratio untuk Daerah Aliran Sungai Dodokan di Lombok*. Mataram: Volume 8 No2, Desember 2007. Jurnal Ilmiah.
- Suripin, 2004. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air Pendidikan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Setiawan, Sigit., 2010. *Kajian Sedimentasi Waduk Berdasarkan Kondisi Tataguna Lahan: Studi Kasus Waduk Sermo Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta*. Tesis. Magister Pengelolaan Bencana Alam (MPBA). Universitas Gadjah Mada.