

PERBANDINGAN HASIL PREDIKSI LAJU EROSI DENGAN METODE USLE, MUSLE, RUSLE DI DAS KEDUANG

Aprillya Nugraheni¹⁾, Sobriyah²⁾, Susilowati³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{2,3)} Pengajar Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email: a_leeya89@ymail.com

Abstract

Watershed of Bengawan Solo is one superpriority in Indonesia that requires immediate treatment (Joko Sutrisno, 2011). Superpriority categories given on the basis that the condition of the river basin is concerned, especially the magnitude of the rate of erosion is high enough and the assessed land productivity decreases. Such conditions occur both upstream and downstream areas. Keduang watershed located at the mouth of the River Keduang near water points (intake) of dams, sedimentation accounted for the largest assessed to be very disturbing reservoir operations. In addition to causing sedimentation, erosion will also cause a reduction in the thickness of the soil (solum) and reduced soil fertility levels in the upstream region. The purpose of this study is to get the value of the land erosion by the land use maps of Keduang Watershed in 2001 and determine the comparison of the erosion rate using USLE, MUSLE, RUSLE prediction method and with previous research. The results of analysis of soil loss using USLE method is 3,227,963.73 tons / yr, MUSLE method is 4.391.623,44 tons / yr and RUSLE method is 6,909,830.72 tons / yr. The erosion rate using USLE method is 76.68 tons / ha / yr, MUSLE method is 104.32 tons / ha / yr and RUSLE method is 164.14 tons / ha / yr with a ratio of three methods for erosion rate 1 : 1,36 : 2,14 and 1 : 0,94 : 0,96 for previous research.

Keywords: erosion, erosion rate, ratio of comparison

Abstrak

Daerah Aliran Sungai (DAS) Bengawan Solo merupakan salah satu DAS superprioritas di Indonesia yang segera memerlukan penanganan (Joko Sutrisno, 2011). Kategori superprioritas diberikan dengan pertimbangan bahwa kondisi daerah aliran sungainya sudah memprihatinkan, terutama besarnya laju erosi yang cukup tinggi serta produktivitas lahan yang dinilai semakin menurun. Kondisi demikian terjadi baik di wilayah hulu maupun di hilir. DAS Keduang yang berlokasi di muara Sungai Keduang berada di dekat tempat pengambilan air (intake) Waduk Gajah Mungkur, dinilai menyumbang sedimentasi terbesar yang akan sangat mengganggu operasional waduk. Selain menyebabkan sedimentasi, erosi juga akan menyebabkan berkurangnya ketebalan tanah (solum) dan berkurangnya tingkat kesuburan tanah di wilayah hulu. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan nilai laju erosi lahan berdasarkan peta tata guna lahan, mengetahui bagaimana perbandingan hasil dalam perhitungan hasil erosi di DAS Keduang dengan menggunakan metode USLE, MUSLE, RUSLE dan perbandingan hasil prediksi dengan penelitian sebelumnya. Hasil dari analisis kehilangan tanah dengan menggunakan metode USLE adalah 3.227.963,73 ton/th, metode MUSLE 4.391.623,44 ton/th dan RUSLE 6.909.830,72 ton/th. Laju erosi menggunakan metode USLE sebesar 76,68 ton/ha/th, metode MUSLE sebesar 104,32 ton/ha/th dan metode RUSLE sebesar 164,14 ton/ha/th dengan rasio perbandingan laju erosi ketiga metode sebesar 1 : 1,36 : 2,14 dan rasio perbandingan dengan penelitian sebelumnya sebesar 1 : 0,94 : 0,96.

Kata Kunci : erosi, laju erosi, rasio perbandingan

PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan kesatuan ekosistem dimana jasad hidup dan lingkungannya berinteraksi secara dinamik dan terdapat saling ketergantungan antar komponen-komponen penyusunnya. Untuk menjamin keberlanjutan fungsi DAS, maka : (1) erosi tanah harus terkendali; (2) terjaganya kuantitas, kualitas dan kontinuitas air (*water yield*); dan (3) produktivitas dan daya dukung lahan yang tetap tinggi (Pawitan dan Murdiyarso, 1996). Untuk itu diperlukan sistem pengelolaan yang baik agar kerusakan DAS dapat dihindari.

DAS Keduang menyumbang sedimentasi terbesar kepada Waduk Gajah Mungkur. Sebagian besar sedimentasi dari Sub-DAS Keduang berasal dari erosi permukaan tanah karena tutupan lahan yang rata-rata kurang dari 10 persen. Besarnya sedimentasi yang terjadi ini jauh lebih tinggi dibandingkan dengan laju sedimentasi yang digunakan dalam perencanaan, yaitu 1,2 juta meter kubik per tahun. Sedimentasi yang terjadi di muara Sungai Keduang sangat mengganggu operasional waduk. Dikarenakan lokasi muara Sungai Keduang tersebut berada dekat dengan pintu pengambilan (*intake*) waduk. Kondisi ini akan berdampak mengurangi umur teknis waduk dari yang direncanakan mencapai 100 tahun dan menyebabkan pendangkalan Waduk Gajah Mungkur sehingga fungsi pengendali banjirnya menurun.

Berkaitan dengan hal tersebut perlu dilakukan penelitian guna mendapatkan informasi sejauhmana laju erosi yang terjadi untuk kemudian diharapkan dapat dijadikan dasar dalam pengelolaan lahan yang berkelanjutan di suatu daerah. Terdapat berbagai metode dalam pendugaan erosi lahan yang terjadi dalam suatu wilayah, dimana untuk

memperoleh kesesuaian hasil maka diperlukan penelitian lebih lanjut di lapangan. Pendugaan laju erosi dalam penelitian ini menggunakan beberapa metode yaitu metode *USLE*, *MUSLE* dan *RUSLE* yang bertujuan untuk mengetahui sejauhmana perbedaan hasil prediksi dari masing-masing metode dan perbandingan hasil penelitian menggunakan ketiga metode dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Adapun dari hasil laju erosi lahan yang didapat diharapkan dapat digunakan untuk memprediksi laju erosi lahan di Waduk Gajah Mungkur dan sebagai masukan dan pertimbangan penanganan problem erosi lahan di DAS Keduang secara non struktural.

Tinjauan Pustaka

Secara teknis dalam Waduk Gajah Mungkur telah dibangun beberapa bangunan *check dam* dan pengaman jurang yang diperkirakan mampu menampung jumlah sedimen yang terjadi. Akan tetapi, hanya dalam waktu kurang lebih empat bulan bangunan tersebut sudah dipenuhi oleh sedimen. Dari sini dapat diketahui bahwa umur dari bangunan *check dam* sangat pendek jika dibandingkan dengan jumlah sedimen yang masuk setiap tahunnya sebesar 3.18 juta m³. Upaya-upaya secara teknis dan non teknis dalam pengelolaan DAS dilakukan untuk mengurangi dampak erosi yang ada. Hingga saat ini upaya non teknis yang masih dalam pelaksanaan meliputi perbaikan teras, promosi *agro-forestry* berbasis partisipasi masyarakat petani dalam keseluruhan proses dari perencanaan hingga pemantauan, pengelolaan tanah untuk generasi mendatang, insentif yang memadai kepada petani, dan lain-lain.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ugro Hari Murtiono (2005) dengan menggunakan prediksi *MUSLE* diperoleh laju erosi pada tahun 2005 di DAS Keduang sebesar 158,2610 ton/ha/th. Pada tahun yang sama Ida Irma (2005) dengan menggunakan metode *USLE* memperkirakan laju erosi di daerah ini sebesar 154,513 ton/ha/th. Rut Desi (2013) melakukan analisis laju erosi DAS Keduang menggunakan metode *USLE* berdasarkan tata guna lahan tahun 2001 dengan faktor LS 17,3 dan dari data hujan tahun 2000-2011 memperoleh hasil sebesar 474,97 ton/ha/th. Pada penelitian ini digunakan metode perhitungan prediksi laju erosi yaitu *USLE*, *MUSLE* dan *RUSLE* dimana faktor LS yang dipergunakan dalam perhitungan berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya.

Erosi

Erosi atau pengikisan adalah proses pelepasan dan pemindahan massa batuan secara alami dari satu tempat ke tempat lain oleh suatu tenaga pengangkut yang ada di permukaan bumi, antara lain air, angin dan gletser. Erosi merupakan tiga proses yang berurutan, yaitu pelepasan (*detachment*), pengangkutan (*transportation*), dan pengendapan (*deposition*) bahan-bahan tanah oleh penyebab erosi (Asdak, 1995). Erosi tanah adalah proses / peristiwa hilangnya lapisan permukaan tanah atas, baik disebabkan oleh air, angin atau media alami lainnya.

Hujan Wilayah

Metode Poligon Thiessen cocok untuk menentukan tinggi hujan wilayah rata-rata, apabila pos hujannya tidak banyak dan tinggi hujannya tidak merata. Adapun rumus dari metode tersebut adalah :

$$R = \frac{\sum A_i x R_i}{\sum A_i} \dots\dots\dots [1]$$

Keterangan:

- R = Curah hujan rata-rata (mm)
- R_i = Curah hujan pada pos yang diamati (mm)
- A_i = Luas yang dibatasi garis polygon (km²)

USLE (Universal Soil Lost Equation)

Variabel dalam aplikasi USLE adalah sebagai berikut :

$$E_A = R_i \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \dots\dots\dots [2]$$

Keterangan:

- E_A = banyaknya tanah tererosi per satuan luas per satuan waktu, yang dinyatakan sesuai dengan satuan K dan periode R yang dipilih, dalam praktek dipakai satuan ton/ha/tahun.
- R_i = faktor erosivitas hujan dan aliran permukaan, yaitu jumlah satuan indeks erosi hujan, yang merupakan perkalian antara energi hujan total (E) dengan intensitas hujan maksimum 30 menit (I) dalam satuan MJ.cm/jam
- K = faktor erodibilitas tanah, yaitu laju erosi per indeks erosi hujan (R) untuk suatu jenis tanah tertentu dalam kondisi dibajak dan ditanami terus menerus, yang diperoleh dari petak percobaan yang panjangnya 22,13 m dengan kemiringan seragam sebesar 9% tanpa tanaman, dalam satuan ton.ha.
- LS = faktor panjang kemiringan lereng (*length of slope factor*), yaitu nisbah antara besarnya erosi per indeks erosi dari suatu lahan dengan panjang dan kemiringan lahan tertentu terhadap besarnya erosi dari plot lahan dengan panjang 22,13 m dan kemiringan 9% di bawah keadaan yang identik, tidak berdimensi.

C = faktor tanaman penutup lahan dan manajemen tanaman, yaitu nisbah antara besarnya erosi lahan dengan penutup tanaman dan manajemen tanaman tertentu terhadap lahan yang identik tanpa tanaman, tidak berdimensi.

Faktor Erosivitas Hujan (R)

$$EL_{30} = 6.21 (RAIN)^{1.21} (DAY)^{-0.47} (MAXP)^{0.53} \dots\dots\dots [3]$$

Keterangan:

EL₃₀ = faktor *erosivitas* hujan rata-rata tahunan

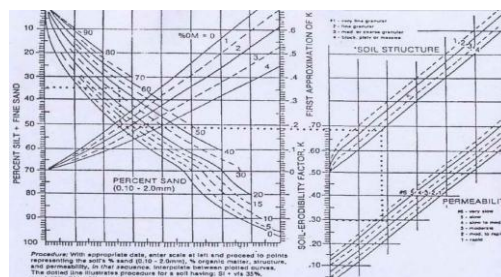
RAIN = curah hujan rata-rata tahunan (cm)

DAYS = jumlah hari hujan rata-rata per tahun (hari)

MAXP= curah hujan maksimum rata-rata dalam 24 jam per bulan untuk kurun waktu satu tahun (cm).

Faktor Erodibilitas (K)

Faktor *erodibilitas* tanah (K) menunjukkan resistensi partikel tanah terhadap pengelupasan dan transportasi partikel-partikel tanah tersebut oleh adanya energi kinetik air hujan. Meskipun besarnya resistensi tersebut di atas akan tergantung pada topografi, kemiringan lereng, dan besarnya gangguan oleh manusia. Besarnya erodibilitas atau resistensi tanah juga ditentukan oleh karakteristik tanah seperti tekstur tanah, stabilitas agregat tanah, kapasitas



Gambar 1. Grafik Nomograf

Tabel 1 Kode Struktur Tanah Untuk Menghitung Nilai K Dengan Nomograf

Kelas Struktur Tanah (ukuran diameter)	Kode
Granuler sangat halus (<1 mm)	1
Granuler halus (1 sampai 2 mm)	2
Granuler sedang sampai kasar (2 sampai 10 mm)	3
Berbentuk blok, blocky, plat, masif	4

Sumber : *Suripin,2001*

Tabel 2 Kode Permeabel Tanah Untuk Menghitung Nilai K Dengan Nomograf

Kelas Permeabilitas	Kecepatan (cm/jam)	Kode
Sangat lambat	<0.5%	6
Lambat	0.5-2.0	5
Lambat sampai sedang	2.0-6.3	4
Sedang	6.3-12.7	3
Sedang sampai cepat	12.7-25.4	2
Cepat	>25.4	1

Sumber : *Suripin,2001*

Faktor Panjang Kemiringan Lereng (LS)

Pada prakteknya, variabel S dan L dapat disatukan, karena erosi akan bertambah besar dengan bertambah besarnya kemiringan permukaan medan (lebih banyak percikan air yang membawa butir-butir tanah, limpasan bertambah besar dengan kecepatan yang lebih tinggi), dan dengan bertambah panjangnya

Seringkali dalam prakiraan erosi menggunakan persamaan USLE komponen panjang dan kemiringan lereng (L dan S) diintegrasikan menjadi faktor LS dan dihitung dengan rumus :

$$LS = L^{\frac{1}{2}}(0.00138 S^2 + (0.00965 S + 0.0138)) \dots\dots\dots [4]$$

Keterangan:

LS = faktor panjang kemiringan lereng (m)

S = kemiringan lereng actual (%)

Faktor Penutup Lahan (C)

Faktor C merupakan faktor yang menunjukan keseluruhan pengaruh dari faktor vegetasi, seresah, kondisi permukaan tanah, dan pengelolaan lahan terhadap besarnya tanah yang hilang (erosi)

Faktor Konservasi Praktis (P)

Pengaruh aktivitas pengelolaan dan konservasi tanah (P) terhadap besarnya erosi dianggap berbeda dari pengaruh yang ditimbulkan oleh aktivitas pengelolaan tanaman (C), sehingga dalam rumus USLE kedua variable tersebut dipisahkan. Faktor P adalah nisbah antara tanah tererosi rata-rata dari lahan yang mendapat perlakuan konservasi tertentu terhadap tanah tererosi rata-rata dari lahan yang diolah tanpa tindakan konservasi, dengan catatan faktor-faktor penyebab erosi yang lain diasumsikan tidak berubah.

Tabel 3 Nilai C Dan P Untuk Berbagai Macam Tata Guna Lahan

Tata Guna Lahan	C	P
Sawah	0.05	0.02
Perkampungan	0.3	0.15
Tegalan/ ladang	0.45	0.25
Padang rumput/ Semak belukar	0.45	0.25
Hutan/ Perkebunan	0.02	0.6
Tubuh Air	0	0

Sumber : Nippon Koei, 2005

MUSLE (*Modified Universal Soil Lost Equation*)

Model Erosi *MUSLE* merupakan pengembangan dari persamaan *USLE* dimana *rainfall-runoff* sebagai basis persamaan *MUSLE*.

$$E_A = Y / SDR \dots\dots\dots [5]$$

$$Y = 11,8 (Q \cdot Q_p)^{0.56} \times K \times L \times S \times C \times P \dots\dots\dots [6]$$

Y : hasil sedimentasi (ton)

SDR : *Sediment Delivery Ratio*

Q : total volume *runoff* / limpasan

Q_p : debit maksimum

K : erodibilitas tanah yang dihitung dengan nomograph *USLE*, dari Wischmeier dan Smith

L.S : faktor panjang dan kemiringan lereng

C dan P : berupa faktor penutupan tanah oleh tanaman (C) dan praktek konservasi tanah (P) yang dihitung berdasarkan nilai-nilai yang telah diadopsi untuk kondisi Indonesia.

Volume Limpasan

Dihitung menggunakan metode *Time Area*, dimana Daerah Aliran Sungai dibagi menjadi sub DAS – sub DAS oleh *isochrone* yang mempunyai waktu perjalanan air (*travel time*) yang sama.

Tabel 4 Proses Hujan-aliran dari tiap *isochrone*

t	Hujan ke			Jumlah
	1	2	3	
0	0			0
1	Q _{1.1}	0		Q _{1.1}
2	Q _{1.2}	Q _{2.1}	0	Q _{1.2} + Q _{2.1}
3	Q _{1.3}	Q _{2.2}	Q _{3.1}	Q _{1.3} + Q _{2.2} + Q _{3.1}
4	Q _{1.4}	Q _{2.3}	Q _{3.2}	Q _{1.4} + Q _{2.3} + Q _{3.2}
5	0	Q _{2.4}	Q _{3.3}	Q _{2.4} + Q _{3.3}
6		0	Q _{3.4}	Q _{3.3}
7			0	0

Keterangan : q_{i,j} notai i = hujan ke i, j = *isochrone* ke j.

RUSLE (*Revised Universal Soil Lost Equation*)

RUSLE adalah suatu model erosi yang didesain untuk memprediksi besarnya erosi tahunan (A) oleh aliran permukaan dari suatu bentang berlereng dengan tanaman dan sistem pengelolaan tertentu. Persamaan *RUSLE* dinyatakan sebagai berikut :

$$E_A = R_i \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \dots\dots\dots [7]$$

E_A = Jumlah tanah yang hilang rata-rata tiap tahun (t/ha/th atau t/acre/th)

R_i = faktor erosivitas tanah/ indeks daya erosi

K = faktor erodibilitas tanah

L = faktor panjang lereng

S = faktor kecuraman lereng

C = faktor pengelolaan tanaman (vegetasi)/ penutupan lahan

P = faktor usaha-usaha pengelolaan dan konservasi

Faktor Erosivitas Curah Hujan – Runoff

Nilai bilangan r yang digunakan pada *RUSLE* harus mengukur pengaruh dari pukulan curah hujan dan harus mencerminkan jumlah dan kecepatan dari runoff yang kemungkinan besar dihubungkan dengan hujan

$$e = 0,29 (1 - 0,72^{(-0,082 \cdot I)}) \dots\dots\dots [8]$$

$$E = \sum_{k=1}^M e_k \Delta V_k) \dots \dots \dots [9]$$

V = jumlah besarnya curah hujan yang terjadi pada saat hujan dengan satuan mm.

e = satuan MJ-ha⁻¹-mm⁻¹ dan

I = intensitas curah hujan dengan satuan mm/h .

$$Ri = \frac{\sum_{i=1}^j (EI_{30})_i}{N} \dots \dots \dots [10]$$

(EI₃₀)_i = EI₃₀ untuk hujan i

j = jumlah dari hujan dalam N periode

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif dan secara garis besar dibagi menjadi 3 tahapan pelaksanaan sebagai berikut : pengumpulan data, analisa data, kesimpulan dan saran.

Pada tahap analisis data dilakukan untuk mengetahui seberapa besar laju erosi berdasarkan peta tata guna lahan 2001 di DAS Keduang. Tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Persiapan
Melakukan studi pustaka untuk mencari teori-teori yang menunjang penelitian ini.
2. Pengumpulan Data
Data yang dibutuhkan berupa data curah hujan jangka waktu 12 tahun. Peta yang digunakan adalah Peta Tata Guna Lahan Tahun 2001.
3. Analisis Data
Menganalisis data-data hidrologi, topografi, dan tata guna lahan tahun 2001
4. Prediksi Besar Erosi
Memprediksi besarnya erosi yang terjadi berdasarkan tata guna lahan 2001 dengan Metode *USLE*, *MUSLE* dan *RUSLE*.
5. Membandingkan hasil prediksi perhitungan ketiga metode dan dengan penelitian sebelumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Laju Erosi dengan Metode USLE (*Universal Soil Lost Equation*)

Analisis besarnya erosi di DAS Keduang dengan menggunakan metode *USLE* terlebih dahulu ditentukan variable-variable pembentuk erosi. Setelah menganalisis parameter-parameter erosi sehingga diperoleh nilai-nilai Faktor Erosi Hujan (R), Faktor Erodibilitas Tanah (K), Faktor Kemiringan dan Panjang Lereng (LS), Faktor Pengelolaan Tanaman (C), dan Faktor Praktek Konservasi Tanah (P), maka besarnya laju erosi (E_A) dapat diketahui dengan memasukkan parameter-parameter erosi.

Tabel 5 Erosi Lahan Untuk Tiap Tata Guna Lahan di DAS Keduang Dengan Metode *USLE*

Tata Guna Lahan	Ri (MJ.cm/jam)	K	LS	C	P	E _A ton/ha/th
Pemukiman/bangunan	987.122	0.39	3.82	0.30	0.15	66.043
Perkebunan	987.122	0.39	3.82	0.02	0.60	17.611
Tegalan	987.122	0.39	3.82	0.45	0.25	165.106
Sawah	987.122	0.39	3.82	0.05	0.35	25.683
Sawah Tadah Hujan	987.122	0.39	3.82	0.05	0.02	1.468
Semak	987.122	0.39	3.82	0.45	0.25	165.106
Hutan	987.122	0.39	3.82	0.02	0.60	17.611
Padang rumput	987.122	0.39	3.82	0.45	0.25	165.106
Bukit Batuan	987.122	0.39	3.82	0.30	0.15	66.043
Air tawar Sungai	987.122	0.39	3.82	0.00	0.00	0.000

Perhitungan erosi DAS Keduang terlebih dahulu menghitung besarnya tanah tererosi masing-masing jenis tata guna lahan yaitu dengan mengalikan erosi lahan (E_A) dengan luas lahan masing-masing tata guna lahan. Sebagai contoh perhitungan erosi lahan untuk pemukiman adalah sebagai berikut:

Tabel 6 Jumlah Erosi Lahan Untuk Tiap Tata Guna Lahan di DAS Keduang Dengan Metode *USLE*

Tata Guna Lahan	E _A ton/ha/th	Luas ha	Erosi ton/th
Pemukiman/bangunan	66.043	11074.924	731415.84
Perkebunan	17.611	5059.305	89101.12
Tegalan	165.106	12280.441	2027578.09
Sawah	25.683	12717.992	326638.75
Sawah Tadah Hujan	1.468	157.705	231.45
Semak	165.106	228.623	37747.05
Hutan	17.611	350.551	6173.67
Padang rumput	165.106	53.361	8810.18
Bukit Batuan	66.043	4.052	267.57
Air tawar Sungai	0.000	169.254	0.00

Jumlah Erosi DAS Keduang = 3227963.73/th

Jumlah luas DAS = 42098.054ha

Laju Erosi DAS Keduang = Jumlah erosi/Luas Total

$$= 3227963.73/42098.054$$

$$= 76.68 \text{ ton/ha/th}$$

Laju Erosi dengan Metode MUSLE (*Modified Universal Soil Lost Equation*)

Sebelum dilakukan pendugaan laju erosi, terlebih dahulu dilakukan perhitungan debit puncak dan volume limpasan.

Tabel 7 Hasil Perhitungan Debit maksimum Dengan Analisis *Time Area* di DAS Keduang

Tahun	Curah Hujan Maximum	Qp
2000	68,81	750,54
2001	71,73	782,39
2002	69,67	759,96
2003	55,81	534,29
2004	79,58	868,06
2005	82,9	904,30
2006	71,47	779,59
2007	166,45	1696,16
2008	155,5	712,71
2009	65,34	1232,90
2010	113,03	674,12
2011	61,8	591,64
Rata-rata		857,22

Tabel 8 Hasil Perhitungan Volume Limpasan di DAS Keduang

Tahun	Q limpasan (m3)
2000	12642462,52
2001	13178998,75
2002	12801149,75
2003	9977192,094
2004	14622100,34
2005	15232636,03
2006	13131884,85
2007	30583904,61
2008	28571103,09
2009	12005276,51
2010	20767628,36
2011	11355332,08
Rata-rata	16239139,08

Tabel 9 Perhitungan Variabel Erosi Untuk Tiap Tata Guna Lahan di DAS Keduang dengan Metode *MUSLE*

Tata Guna Lahan	Luas ha	K	LS	C	P	A*K*LS*C*P
Pemukiman/bangunan	11074.924	0.39	3.82	0.30	0.15	740.958
Perkebunan	5059.305	0.39	3.82	0.02	0.60	90.264
Tegalan	12280.441	0.39	3.82	0.45	0.25	2054.030
Sawah	12717.992	0.39	3.82	0.05	0.35	330.900
Sawah Tadah Hujan	157.705	0.39	3.82	0.05	0.02	0.234
Semak	228.623	0.39	3.82	0.45	0.25	38.240
Hutan	350.551	0.39	3.82	0.02	0.60	6.254
Padang rumput	53.361	0.39	3.82	0.45	0.25	8.925
Bukit Batuan	4.052	0.39	3.82	0.30	0.15	0.271
Air tawar Sungai	169.254	0.39	3.82	0.00	0.00	0.000
Jumlah	42098.054					3270.076

$$\text{Nilai } A \times K \times LS \times C \times P \text{ tertimbang} = \frac{3270,076}{42098,054} = 0,078$$

$$\text{Sedimentasi} = 11,8 (16239139,08 \times 857,22)^{0,56} \times 0,078$$

$$= 439162,344 \text{ ton ton}$$

Sehingga didapat hasil perhitungan laju erosi DAS Keduang untuk tahun 2011 dengan menggunakan metode MUSLE SDR = 0,1 (Ida Irma,2005)

$$\text{Jumlah Erosi DAS Keduang} = \frac{439162,344}{0,1} = 4391623,44 \text{ ton /th}$$

$$\text{Jumlah luas DAS} = 42098,054 \text{ ha}$$

$$\begin{aligned} \text{Laju Erosi DAS Keduang} &= \text{Jumlah erosi/Luas Total} \\ &= 4391623,44 / 42098,054 \\ &= 104,32 \text{ ton/ha/th} \end{aligned}$$

Laju Erosi dengan Metode **RUSLE** (*Revised Universal Soil Lost Equation*)

Dilakukan penghitungan nilai EI pada tiap-tiap curah hujan untuk mengetahui nilai erosivitas hujan

Tabel 10 Perhitungan Variabel Erosi Untuk Tiap Tata Guna Lahan di DAS Keduang dengan Metode *MUSLE*

Tahun	Curah Hujan	I	e	E	EI
2000	68.81	9.47	0.08	5.80	54.86
2001	71.73	9.87	0.09	6.33	62.50
2002	69.67	9.59	0.09	5.95	57.05
2003	55.81	7.68	0.07	3.72	28.56
2004	79.58	10.95	0.10	7.92	86.68
2005	82.90	11.41	0.10	8.65	98.63
2006	71.47	9.83	0.09	6.29	61.80
2007	166.45	22.90	0.25	41.18	943.08
2008	155.50	21.39	0.23	35.15	751.90
2009	65.34	8.99	0.08	5.19	46.67
2010	113.03	15.55	0.15	17.05	265.18
2011	61.80	8.50	0.07	4.61	39.22
Ri					2496.14

Hasil nilai panjang dan kemiringan lereng (faktor LS) sub DAS Keduang untuk metode *RUSLE* dapat dihitung sebagai berikut :

Contoh perhitungan untuk $S < 9\%$

$$S = 8\% , \alpha = 4,574$$

$$S = 10,8 \sin \alpha + 0,03 = 10,8 \sin 4,574 + 0,03 = 0,894$$

Untuk $S \geq 9\%$

$$S = 17\% , \alpha = 9,648$$

$$S = 16,8 \sin \alpha - 0,50 = 6,8 \sin 9,648 - 0,50 = 2,322$$

Perhitungan nilai S selanjutnya dapat dilihat pada lampiran C.

Kemudian diperoleh S rata-rata dari perhitungan sebesar 3,402

$$\text{Nilai L dapat dihitung } L = (l/22,1)^m = (20/22,1)^{0,5} = 0,951$$

$$\text{Angka LS diperoleh} = 0,951 \times 3,402 = 3,235$$

Tabel 11 Erosi Lahan Untuk Tiap Tata Guna Lahan di DAS Keduang Dengan Metode *RUSLE*

Tata Guna Lahan	Ri (MJ.mm/jam)	K	LS	C	P	E _A ton/ha/th
Pemukiman/bangunan	2496.14	0.39	3.235	0.30	0.15	141.372
Perkebunan	2496.14	0.39	3.235	0.02	0.60	37.699
Tegalan	2496.14	0.39	3.235	0.45	0.25	353.429
Sawah	2496.14	0.39	3.235	0.05	0.35	54.978
Sawah Tadah Hujan	2496.14	0.39	3.235	0.05	0.02	3.142
Semak	2496.14	0.39	3.235	0.45	0.25	353.429
Hutan	2496.14	0.39	3.235	0.02	0.60	37.699
Padang rumput	2496.14	0.39	3.235	0.45	0.25	353.429
Bukit Batuan	2496.14	0.39	3.235	0.30	0.15	141.372
Air tawar Sungai	2496.14	0.39	3.235	0.00	0.00	0.000

Tabel 12 Jumlah Erosi Lahan Untuk Tiap Tata Guna Lahan di DAS Keduang Dengan Metode *RUSLE*

Tata Guna Lahan	E _A ton/ha/th	Luas ha	Erosi ton/th
Pemukiman/bangunan	141.372	11074.924	1565680.43
Perkebunan	37.699	5059.305	190731.28
Tegalan	353.429	12280.441	4340266.06
Sawah	54.978	12717.992	699208.12
Sawah Tadah Hujan	3.142	157.705	495.44
Semak	353.429	228.623	80801.95
Hutan	37.699	350.551	13215.46
Padang rumput	353.429	53.361	18859.21
Bukit Batuan	141.372	4.052	572.77
Air tawar Sungai	0.000	169.254	0.00
Jumlah Erosi		42098.054	6909830.72

Berikut adalah hasil perhitungan laju erosi DAS Keduang dengan menggunakan metode *RUSLE*

Jumlah Erosi DAS Keduang = 6909830,72 ton/th

Jumlah luas DAS = 42098,054 ha

Laju Erosi DAS Keduang = Jumlah erosi/Luas Total
= 6909830,72/ 42098,054
= 164,14ton/ha/th

Hasil perbandingan laju erosi lahan dari ketiga metode dapat ditunjukkan pada Tabel 13 setelah sebelumnya dilakukan analisis perhitungan erosi pada masing-masing metode.

Tabel 13 Perbandingan Hasil Prediksi Laju Erosi Tiga Metode

Metode	<i>USLE</i>	<i>MUSLE</i>	<i>RUSLE</i>
Laju Erosi (ton/th)	76,68	104,32	164,14
Perbandingan	1	1,36	2,14

Dari hasil penelitian yang diperoleh, apabila dilakukan perbandingan dengan hasil penelitian-penelitian sebelumnya maka hasil yang paling mendekati adalah model prediksi *RUSLE*. Perbandingan hasil laju erosi *RUSLE* dan penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14 Perbandingan Hasil Prediksi Laju Erosi dengan Penelitian Sebelumnya

Metode	<i>RUSLE</i>	<i>USLE</i> Ida Irma (2005)	<i>MUSLE</i> Ugro HM (2005)
Laju erosi (ton/th)	164,14	154,513	158,261
Perbandingan	1	0,94	0,96

SIMPULAN

- Berdasarkan tata guna lahan tahun 2001 hasil analisis laju erosi pada penelitian ini dapat disimpulkan :
 - Besarnya kehilangan tanah yang terjadi pada tahun 2000-2011 dengan menggunakan metode *USLE* adalah 3.227.963,73 ton/th dengan laju erosi yang terjadi sebesar 76,68 ton/ha/th.
 - Pada metode *MUSLE* besarnya kehilangan tanah yang terjadi pada tahun 2000-2011 adalah 4.391.623,44 ton/th dengan laju erosi yang terjadi sebesar 104,32 ton/ha/th.
 - Metode *RUSLE* memprediksi kehilangan tanah yang terjadi pada tahun 2000-2011 sebesar 6.909.830,72 ton/th dengan laju erosi yang terjadi sebesar 164,14 ton/ha/th.
- Berdasarkan hasil analisis dengan metode *USLE* , *MUSLE* dan *RUSLE* angka rasio perbandingan ketiga metode adalah 1 : 1,36 : 2,14.
- Rasio perbandingan hasil metode *RUSLE* dengan hasil penelitian sebelumnya dari Ida Irma (2005) dan Ugro HM (2005) adalah 1 : 0,94 : 0,96.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada segenap pimpinan Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta, segenap pimpinan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta, Prof. Dr. Ir. Sobriyah, M.S selaku dosen pembimbing I, Ir. Susilowati, M.Si selaku dosen pembimbing II, rekan-rekan mahasiswa jurusan Teknik Sipil, semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungannya.

REFERENSI

- Chay Asdak. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gajah Mada Universitas Press. Yogyakarta.
- Ida Irma Suryani. 2005. *Prediksi Laju Erosi Tanah pada DAS Keduang dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG)*. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Joko Sutrisno. 2011. *Valuasi Ekonomi Konversi Lahan Pertanian Ke Non Pertanian Di Daerah Aliran Sungai (Das) Waduk Wonogiri*. Disertasi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Nippon Koei.Co.,Ltd. Januari 2005. *Laporan Kemajuan (1) Studi Penanganan Sedimentasi Waduk Serbaguna Wonogiri*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Pawitan, H. dan Murdiyarto, D. 1996. *Monitoring dan Evaluasi Komponen Biofisik DAS*. Dalam Analisis Pengelolaan DAS. Prosiding Lokakarya Pembahasan Hasil Penelitian dan Analisis Pengelolaan DAS. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Rut Desi Wulandari. 2013. *Simulasi Pengaruh Tata Guna Lahan Terhadap Erosi Lahan di DAS Keduang*. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- Suripin. 2001. *Pelestarian Sumber Daya Air*. Andi. Yogyakarta.
- Ugro Hari Murtiono. 2005. *Kajian Model Estimasi Volume Limpasan Permukaan, Debit Puncak Aliran, dan Erosi Tanah dengan Model Soil Conservation Service (Scs), Rasional dan Modified Universal Soil Loss Equation (Musle)*. Forum Geografi. Surakarta.