

TEKNOLOGI PERTANIAN

Estimasi Tingkat Erosi pada Sistem Tumpangsari Kopi - Tanaman Semusim Menurut Metode MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation) di Desa Pace Kecamatan Silo Kabupaten Jember

*Estimate of Erosion on Coffe Intercropping System – Crops
Used MUSLE Method (Modified Universal Soil Loss Equation)
at Pace Village Silo Subditrict Jember Regency*

Eva Meylina¹⁾, Sri Wahyuningsih, Muharjo Pudjojono

Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan, Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember
Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegalboto, Jember, 68121

¹⁾E-mail: meylinallee@gmail.com

ABSTRACT

Aimed this research was to estimate of erosion at Coffe fields based on MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation) formula, by applying a Geographical Information System analysis. Based on the formula, we used three types of maps, it was soil, DEM, and land cover maps. Classification was done to get four to five classes based on specific factor standard on each map. The results showed average erosion in first zone was 244,71 ton/ha/yr; second zone was 372,14 ton/ha/yr and third zone was 41,62 ton/ha/yr.

Keywords : erosion, MUSLE, Geographic Information System

PENDAHULUAN

Erosi tanah adalah suatu proses hilangnya lapisan permukaan tanah bagian atas, baik disebabkan oleh pergerakan air maupun angin. Proses erosi ini dapat menyebabkan merosotnya produktivitas tanah, daya dukung tanah untuk produksi pertanian dan kualitas lingkungan hidup.

Widianto *et al.* (2001:48) menyatakan bahwa alih-guna lahan hutan menjadi lahan pertanian seringkali mendorong terjadinya limpasan permukaan dan erosi. Hal ini disebabkan pada musim penghujan, air hujan yang jatuh ke permukaan tanah tidak terhalangi sehingga memukul tanah secara langsung.

Banyaknya alih fungsi lahan hutan menjadi lahan kopi pada Desa Pace menyebabkan perlunya dilakukan suatu prediksi laju erosi tanah agar dapat memberikan informasi dan sekaligus sebagai acuan tindakan konservasi lahan kopi.

Dalam penelitian ini menggunakan metode MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*). Metode ini merupakan modifikasi dari USLE (*Universal Soil Loss Equation*). Pada MUSLE faktor energi curah hujan ini digantikan dengan faktor limpasan permukaan (Rw), sehingga besarnya perkiraan hasil sedimen menjadi lebih besar dan tidak memerlukan perhitungan nisbah pelepasan sedimen.

Proses erosi secara umum terdiri atas pengelupasan

(*detachment*), pengangkutan (*transportation*), dan pengendapan (*sedimentation*) (Arsyad, 1989:261).

Erosi menggunakan persamaan : $A = R_w \times K \times LS \times CP$; A adalah nilai rata-rata tahunan kehilangan tanah (ton/ha/tahun); R_w adalah erosivitas limpasan permukaan; K adalah faktor erodibilitas tanah; LS adalah faktor panjang dan kemiringan lereng; dan CP adalah faktor pengelolaan tanaman dan tindakan konservasi (Utomo, 1994:27).

Indeks erosivitas untuk pendugaan besarnya laju erosi dapat dihitung menggunakan analisa R_w menurut Williams (1975). Persamaan untuk menghitung R_w dapat ditulis : $R_w = 11,8 (V_Q Q_p)^{0,56}$.

Menurut Utomo (1985:41) berpendapat bahwa erodibilitas tanah (K) merupakan kepekaan tanah terhadap kekuatan yang menghancurkannya, baik oleh pukulan air hujan, limpasan permukaan dan kemampuan tanah untuk menyerap air hujan.

Kemiringan lereng dinyatakan dalam derajat atau persen. Dua titik yang berjarak horizontal 100 meter yang mempunyai selisih tinggi 10 meter akan membentuk kemiringan lereng 10%. Kemiringan lereng 100% sama dengan kemiringan lereng 45 derajat. Panjang lereng dihitung mulai tempat terjadinya aliran air sampai ke tempat mulai terjadinya pengendapan yang disebabkan oleh berkurangnya kemiringan lereng atau ke tempat aliran air di

permukaan tanah masuk ke dalam saluran (Arsyad, 1989:81-82).

Moore and Burch (1986) telah mengembangkan suatu persamaan untuk mencari nilai LS dengan memanfaatkan data DEM pada SIG. Adapun persamaan itu adalah : $LS = (X * CZ/22,13)^{0,5} * (\sin \theta/0,0896)^{1,3}$ Keterangan : LS adalah faktor lereng; X adalah akumulasi aliran (*flow accumulation*); CZ adalah ukuran pixel dan θ adalah kemiringan lereng /slope (°).

Faktor C menunjukkan keseluruhan pengaruh dari vegetasi, kondisi permukaan tanah, dan pengelolaan lahan terhadap besarnya tanah yang hilang (erosi). Faktor pengelolaan tanaman menggambarkan nisbah antara besarnya erosi lahan yang ditanami dengan tanaman tertentu dengan pengelolaan tertentu terhadap besarnya erosi tanah yang tidak ditanami dan diolah bersama keadaan identik (Suripin, 2004).

Nilai faktor tindakan konservasi tanah (P) adalah nisbah antara besarnya erosi dari lahan dengan suatu tindakan konservasi tertentu terhadap besarnya erosi pada lahan tanpa tindakan konservasi dalam keadaan identik. Termasuk dalam tindakan konservasi tanah adalah pengolahan tanah menurut kontur, guludan, dan teras.

METODOLOGI PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni - September 2014 di kebun kopi Desa Pace Kecamatan Silo dan pengolahan data di Laboratorium Teknik Pengendalian Pengendalian dan Konservasi Lingkungan, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan 10 tahun, peta DEM, peta jenis tanah, dan peta tata guna lahan.

Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi: seperangkat personal computer (PC); *Software* ArcGIS 10.0; *Software* QuantumGIS 2.2.0; *Microsoft Excel* 2007; kamera digital dan alat tulis.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian meliputi inventarisasi dan pengolahan data hujan, input layer GIS (data obyek dan data atribut), pengolahan layer GIS, dan pembuatan layout peta masing-masing faktor erosi dan peta tingkat bahaya erosi.

Inventarisasi data hujan 10 tahun dengan menggunakan analisa hidrologi untuk mengetahui nilai curah hujan maksimum yang terjadi. Selanjutnya dilakukan input layer GIS dengan data yang sudah diperoleh berupa : peta jenis tanah, peta DEM, dan peta tata guna lahan. Pengolahan masing-masing peta menggunakan *Software* ArcGIS 10.0 sedangkan untuk penambahan data atribut menggunakan *software* Quantum GIS 2.2.0.

Estimasi erosi dilakukan dengan menggunakan persamaan MUSLE dan dilakukan analisis regresi untuk mengetahui masing-masing faktor dalam menyumbang erosi.

Analisis Data

Penelitian ini menggunakan model MUSLE untuk mengetahui erosi yang terjadi pada kebun kopi dengan

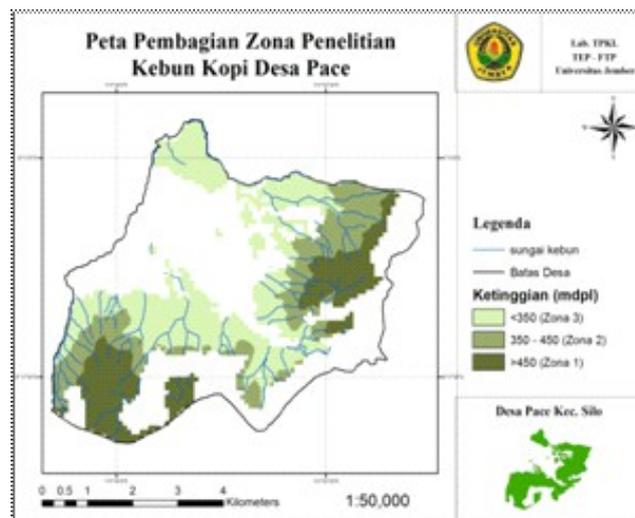
memperhatikan masing-masing faktor penyumbang erosi yaitu : faktor erosivitas limpasan permukaan, faktor erodibilitas tanah, faktor panjang dan kemiringan lereng, dan faktor pengelolaan tanaman dan konservasi.

Data penelitian ini diolah menggunakan *Microsoft Excel* 2007, *software* ArcGIS 10.0 dan *software* QuantumGIS 2.2.0. Analisis yang digunakan adalah analisis tabel, grafik dan regresi. Analisis Regresi dilakukan untuk mengetahui berapa besar pengaruh dari masing-masing faktor dengan besarnya nilai erosi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Desa Pace Kecamatan Silo. Luas secara umum Desa Pace adalah 33,7 km² dengan ketinggian yang bervariasi, mulai dari 200 mdpl sampai dengan >600 mdpl. Cakupan wilayah penelitian meliputi kebun kopi yang berada di Desa Pace dengan pembagian 3 zona berdasarkan ketinggian. Berdasarkan pengamatan di lapangan, lokasi penelitian dibagi menjadi 3 zona yang masing-masing mewakili ketinggian yang diamati. Zona 1 dengan ketinggian > 450mdpl, zona 2 dengan ketinggian 300 mdpl – 450 mdpl dan zona 3 dengan ketinggian 245 – 300mdpl. Untuk pembagian zona penelitian dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Indeks Erosivitas Limpasan Permukaan

Erosi tanah terjadi melalui tiga tahap, yaitu tahap pelepasan partikel tanah, pengangkutan dan pengendapan sedimen. Hasil endapan pada saat terjadi erosi dipengaruhi oleh limpasan permukaan. Oleh karena itu Williams (1975:966) mengadakan modifikasi PUKT (Persamaan Umum Kehilangan Tanah) untuk menduga hasil endapan dari setiap kejadian limpasan permukaan, mengganti indeks erosivitas (R) dengan indeks erosivitas limpasan permukaan (R_w). Indeks erosivitas limpasan permukaan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$R_w = 11,8 (V_Q Q_p)^{0,56}$$

dan diperoleh hasil sebesar 2921,16 (m²/jam).

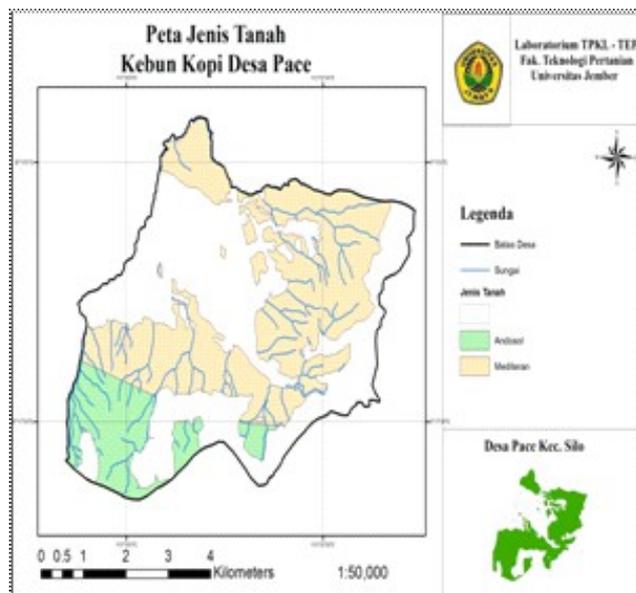
Faktor Erodibilitas Tanah

Pada kebun kopi Desa Pace, terdapat 2 jenis tanah yakni tanah mediteran dan andosol dengan nilai erodibilitas masing-masing tanah yaitu 0,16 dan 0,128. Tingkat erodibilitas masih dalam kategori rendah dan sangat rendah. Berikut nilai dan tingkat erodibilitas tanah pada masing-masing lokasi penelitian :

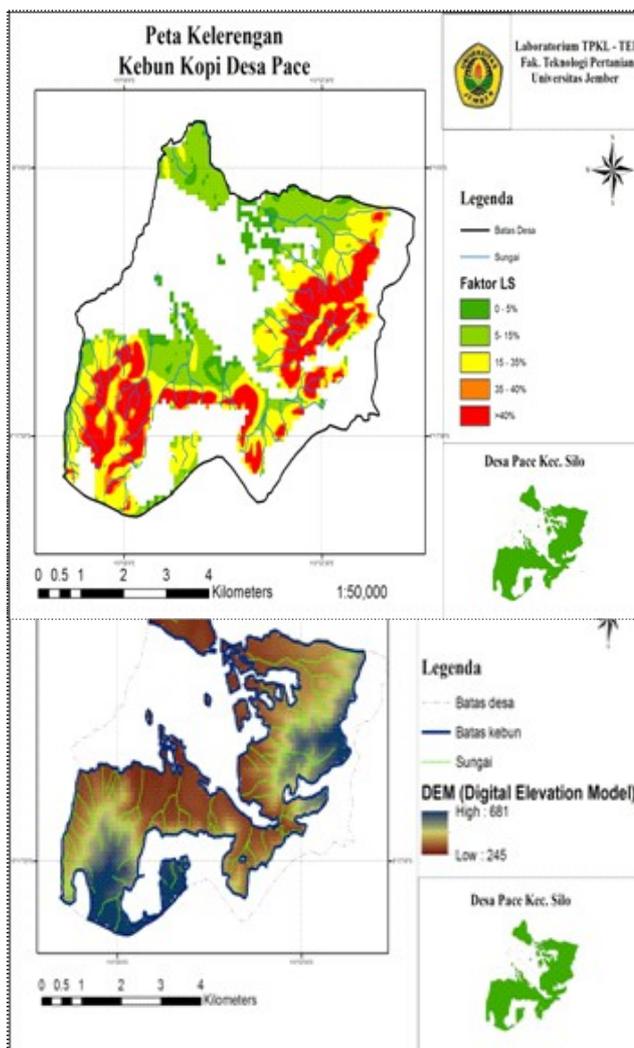
Tabel 1. Nilai Erodibilitas Tanah

Zona	Jenis Tanah	Nilai K	Tingkat erodibilitas
1	Andosol	0.28	Agak tinggi
2	Mediteran	0.16	Agak rendah
3	Mediteran	0.16	Agak rendah
Rata-rata		0.6	

Dari tabel 1 dapat diketahui bahwa pada zona 1 memiliki nilai erodibilitas yang agak tinggi dengan nilai K 0,28 , zona 2 dan zona 3 memiliki nilai erodibilitas yang sama yaitu 0,16 dengan kategori tingkat erodibilitas agak rendah.



Berdasarkan tabel di atas, kelerengan kebun kopi desa Pace berkisar dari 15% - >40%. Untuk kelerengan 5 – 15% memiliki nilai LS 1,20, kelerengan 15 – 35% adalah 4,25, kelerengan 35 – 40% adalah 9,50 dan kelerengan >40% adalah 12,0.



Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng

Faktor LS diperoleh dengan mengoverlay peta DEM menjadi peta kelerengan. Nilai LS yang diperoleh berdasarkan analisis SIG dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Faktor LS

NO	Klasifikasi LS (%)	Nilai LS	Keterangan
1	0 - 5	0.25	landai
2	5 - 15%	1.2	bergelombang
3	15 - 35	4.25	Agak curam
4	35 - 40	9.5	curam
5	>40	12	Sangat curam

Faktor Pengelolaan Tanaman dan Tindakan Konservasi

Faktor CP diperoleh dari kuisioner yang dibagikan ke petani kopi. Kuisioner berisi tentang vegetasi, tanaman yang ditanam dan tindakan konservasi yang dilakukan. Selanjutnya data kuisioner yang diperoleh dianalisis untuk diketahui nilai CP. Berikut nilai CP pada kebun kopi :

Tabel 3. Faktor CP Kebun Kopi

Zona	Pengelolaan tanaman dan konservasi	Nilai CP
1	Perkebunan dengan tutupan lahan berupa rumput	0.06

2	Perkebunan dengan tutupan lahan sedang	0,02
3	Kebun pekarangan	0.07
Rata-rata		0.05

Estimasi Erosi Rata-rata Kebun Kopi Desa Pace

Berdasarkan perhitungan dengan acuan metode MUSLE, estimasi erosi rata-rata pada lokasi penelitian adalah sebagai berikut :

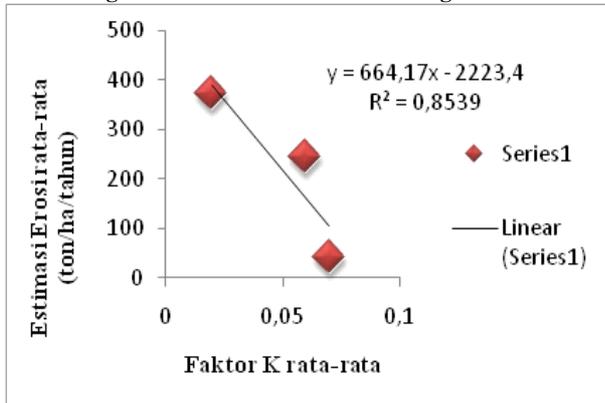
Tabel 4. Estimasi rata-rata pada kebun kopi

Zona	Nilai Rw (m ² /jam)	Nilai K	Nilai CP	Rata-rata erosi (ton/ha.tahun)
1	2921.16	0.16	0.06	244.71
2	2921.16	0.16	0.02	372.14
3	2921.16	1.2	0.07	41.62

Analisis Regresi

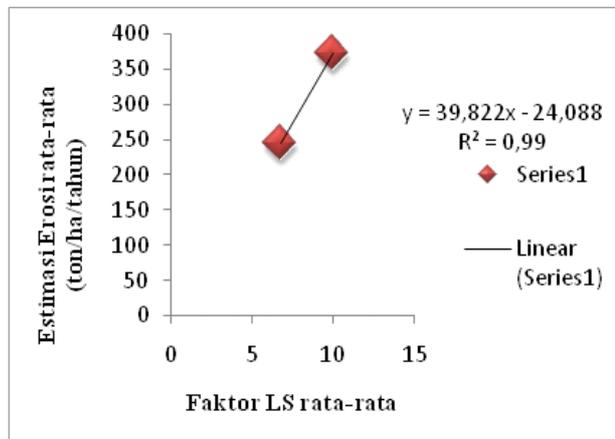
Analisis regresi digunakan untuk menentukan bentuk hubungan antar variabel. Tujuan utama dalam penggunaan analisis ini adalah untuk menduga nilai dari suatu variabel dalam hubungannya dengan variabel lain yang diketahui melalui persamaan regresinya.

Analisis Regresi antara Erosi Rata-rata dengan Faktor K



Pada gambar di atas, besarnya erosi rata-rata adalah 244,71 ; 372,14 dan 41,62 ton/ha/tahun dengan faktor erodibilitas (K) 0,16 dan 0,28. Kurva regresi membentuk garis lurus dengan persamaan $y = 664,17x - 2223,4$.

Persamaan regresi yang dihasilkan pada gambar di atas diperoleh dari persamaan regresi sederhana $y = a + bx$. Konstanta (a) pada persamaan di atas bernilai negatif (-2223,4x) sehingga persamaan dibalik menjadi $y = bx - a$ atau $y = 664,17x - 2223,4$. Ralph dan Stone (2005:379) menyatakan bahwa, konstanta negatif tidak menjadi persoalan dan bisa diabaikan selama model regresi yang diuji sudah memenuhi asumsi (misal normalitas untuk regresi sederhana) dan selama slope (b) masih bernilai positif. Selain itu, konstanta negatif dapat terjadi jika rentang nilai antara X dan Y cukup jauh.

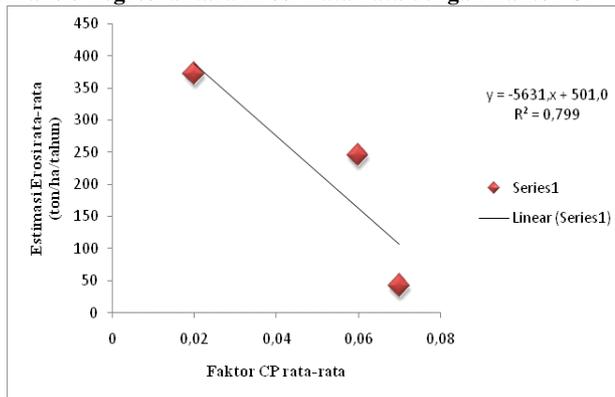


Analisis Regresi antara Erosi Rata-rata dengan Faktor LS

Pada gambar di atas, nilai erosi rata-rata 244,71 ; 372,14 dan 41,62 ton/ha/tahun dengan faktor LS 6,75; 9,95 dan 1,2, diperoleh persamaan $y = y = 37,643x - 5,1117$ dan $R^2 = 0,99$. Terjadi hubungan yang sama antara gambar 4.6 dengan gambar 4.7, dimana kedua kurva membentuk garis lurus dengan koefisien korelasi (R^2) mendekati angka 1.

Hubungan antara erosi rata-rata sebagai (*dependent variable*) dengan faktor LS (panjang dan kemiringan lereng) sebagai (*independent variable*) diperkuat dengan nilai $R^2 = 0,99$ yang mendekati angka 1. Nilai koefisien korelasi pada gambar 4.7 jauh lebih besar dibandingkan dengan gambar 4.6, hal ini menandakan bahwa nilai faktor LS mempunyai hubungan yang lebih kuat terhadap terjadinya erosi rata-rata dibandingkan dengan faktor erodibilitas tanah (K).

Analisis Regresi antara Erosi Rata-rata dengan Faktor CP



Pada gambar di atas, nilai erosi rata-rata 244,71 ; 372,14 dan 41,62 ton/ha dengan faktor pengelolaan tanaman (C) dan teknik konservasi (P) 0,06 ; 0,02 dan 0,07, diperoleh persamaan $y = -5631,9x + 501,09$, dan $R^2 = 0,799$. Kurva regresi menunjukkan bahwasanya adanya hubungan terbalik (*negative correlation*). Notasi negatif (-) atau hubungan terbalik artinya kenaikan satu variabel akan dibarengi dengan penurunan variabel lainnya.

Dari ketiga kurva regresi yang ditampilkan dapat diambil kesimpulan bahwasanya faktor yang paling besar dalam menyumbang besarnya nilai erosi rata-rata dan faktor yang memiliki hubungan yang erat adalah faktor LS dengan koefisien korelasi $R^2 = 0,99$.

Prioritas Konservasi Kebun Kopi Desa Pace

Konservasi tanah adalah upaya untuk mempertahankan, memelihara, memperbaiki dan meningkatkan daya guna tanah agar sesuai dengan fungsinya. Konservasi dilakukan agar erosi yang terjadi bisa diminimalisir dan dapat meningkatkan produktivitas lahan. Prioritas konservasi lahan disajikan pada tabel di bawah ini :

Tabel 5. Prioritas konservasi kebun kopi Desa Pace

Zona	Erosi rata-rata (ton/ha/tahun)	Prioritas konservasi
1	244.71	Prioritas ke-1
2	372.14	Prioritas ke-1
3	41.62	Prioritas ke-1

Berdasarkan Bennet (1976) dalam Kartasapoetra *et al*, (1985:60) yang menyatakan bahwa besarnya erosi yang masih dapat dibiarkan berdasarkan dengan usaha-usaha pengawetan tanah dan penanaman tanaman atau vegetasi penutup tanah adalah kurang dari 12,5 ton/ha/tahun, sehingga untuk semua zona pada lokasi penelitian masuk ke dalam prioritas ke-1 untuk dilakukan konservasi karena nilai erosi yang terjadi pada semua zona melebihi besarnya erosi yang dibiarkan.

Arahan Konservasi Lahan Kebun Kopi Desa Pace

Arahan bentuk konservasi lahan dilakukan berdasarkan kemiringan lereng pada lokasi penelitian sebagai berikut :

Tabel 6. Arahan konservasi lahan kebun kopi Desa Pace

No	Kemiringan lereng (%)	Prioritas konservasi
1	<15	Dilakukan proporsi penanaman 25% tanaman tahunan dan 75% tanaman semusim
2	15 - 30	Proporsi penanaman tanaman tahunan dan semusim adalah sama, yaitu 50%
3	30 - 40	Proporsi penanaman tanaman tahunan adalah 75% dan tanaman semusim 25%
4	>40	Penerapan tanaman keras saja

KESIMPULAN

Besarnya estimasi tingkat erosi pada sistem tumpangsari kopi – tanaman semusim menggunakan metode MUSLE adalah pada zona 1 dengan erosi rata-rata 244,71 ton/ha/tahun, pada

zona 2 dengan erosi rata-rata 372,14 ton/ha/tahun dan zona 3 dengan erosi rata-rata 41,62 ton/ha/tahun. Semua zona pada lokasi penelitian menjadi prioritas utama untuk dilakukan konservasi, karena nilai erosi yang terjadi pada semua zona sudah melebihi erosi yang masih dapat dibiarkan yaitu 12,5 ton/ha/tahun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Dr. Sri Wahyuningsih, S.P.,M.T. dan Ir. Muharjo Pudjono yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan bimbingan serta semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2011. *Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan Dan Lahan Daerah Aliran Sungai*. [serialonline]. http://www.dephut.go.id/informasi/rlps/14_167_04.pdf. [2 Desember 2014].
- Arsyad, S. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. IPB. Bogor.
- Asdak, C. 2004. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Departemen Kehutanan. 2008. *Buku Statistik Kehutanan Indonesia*. Jakarta : DEPHUT.
- Desifindiana, M.D., Suharto, dan Wirosoedarmo, R. 2013. "Analisa Tingkat Bahaya Erosi pada Das Bondoyudo Lumajang dengan Menggunakan Metode MUSLE (In Press)". Tidak Diterbitkan. Jurnal. Malang : Universitas Brawijaya.
- Foster, G.R. dan Meyer, L.D. 1977. *Mathematical Simulation of Upland Erosion by Fundamental Erosion Mechanics, Present And Prospective Technology for Predicting Sediment Yields and Sources*. Jurnal. Washington : USDA Agricultural Service. pp, 190– 207.
- Kamiana, M.I. 2010. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Kartasapoetra, A.G., Mulyani, G., dan Suttedjo, M. 2000. *Teknologi Konservasi Tanah Dan Air*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Kironoto, B.A. 2000. *Konservasi Lahan*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Kodoatie, R.J. dan Sjarif, R. 2010. *Tata Ruang Air*. Yogyakarta : Andi.
- Murtiono, H.U. 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) (Studi Kasus Di Das Keduang, Wonogiri). Tidak Diterbitkan. Jurnal. Solo : Balai Kehutanan Solo.
- Rahayu, P. 2006. Mencegah Erosi dengan Metode Vegetasi Tanaman Kopi. [serialonline]. <http://cybex.deptan.go.id/mencegah/erosi/dengan/metode/vegetasi/tanaman/kopi/index.html>. [15 Maret 2014].
- Rahim, S.E. 2003. *Pengendalian Erosi Tanah*. Jakarta : Bumi Aksara.
- Ralph, C.A. dan Stone, J.H. 2005. *Textbook Neglect of the Constant Coefficient*. The Journal of Economic Education. Vol. 36, pp. 379-384.
- Solicha, Z. 2011. 8 Ha Sawah di Jember Terendam Banjir. [serial online]. <http://antarajatim.com/lihat/berita/78632/8-ha-sawah-di-jember-terendam-banjir/index.html>. [27 April 2014].
- Sujana. 1992. *Metoda Statistika Edisi 5*. Bandung : Tarsito.
- Suparma, E. 2002. *Pengukuran Tingkat Bahaya Erosi SUB-DAS Cipamingkis Kabupaten Bogor*. Buletin Teknik Pertanian, Vol. 7 No.2
- Suripin. 2002. *Pelestarian Sumber Daya Tanah Dan Air*. Yogyakarta : Andi.
- Susanto, S. 2010. *Penilaian Tingkat Bahaya Erosi Tanah pada Lahan Kopi Robusta (Coffea Robusta) di Kecamatan Silo Kabupaten Jember dengan Menggunakan SIG*. Skripsi. Jember : Universitas Jember.
- Utomo,W.H. 1994. *Erosi dan Konservasi Tanah*. Malang : IKIP.
- Widiyanto, Suprayogo, Noveras, dan Noordwijk. 2001. “Alih Guna Lahan Hutan Menjadi Lahan Pertanian : Apakah Fungsi Hidrologi Hutan Dapat Digantikan Sistem Kopi Monokultur”. Tidak diterbitkan. Jurnal. Bogor : ICRAF-SEA.
- Williams, J. R. 1975. *Sediment Routins For Agricultural Watersheds*. Jurnal. [serial online]. http://www.readcube.com/articles/10.1111%2Fj.1752-1688.1975.tb01817.x?r3_refere_r=wol&show_checkout=1.html. [28 Oktober 2014].
- Wischmeier, W. H. dan Smith, D.D. 1978. *Predicting Rainfall Erosion Losses. A Guide to Conservation Planning*. New York : USDA. Terhadap Mutu Tepung Pisang”. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara.