

ANALISIS PERHITUNGAN TOLERANSI EROSI DI DAERAH TANGKAPAN WADUK KEDUNG OMBO, BOYOLALI

*Calculation Analysis of Tolerance Erosion in the KedungOmbo Dam Catchment
Area, Boyolali*

Beny Harjadi

Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai
Jl. Ahmad Yani - Pabelan, Po.Box.295, Solo, Jawa Tengah.
Telepon/Fax.: (+62) 0271-716709, 08122686657

ABSTRACT. *The purpose of this research is to get the distribution of erosion tolerance value (T-value) in KedungOmbo Dam Catchment Area. The KedungOmbo Dam Catchment Area is located in Boyolali area as a food granary with the main supply of vegetables and rice producers. This situation requires soil conditions to be maintained and no land degradation or erosion that exceeds the limits of erosion or erosion tolerance allowed. The method used to calculate the T-value is the survey and by the calculation of raster analysis with satellite imagery. The parameter collected in the field includes soil conditions (soil solum) and crop conditions (effective root depth). Based on T-value calculation formula with 300 years life resource, this will get the amount of erosion allowed in KedungOmbo Dam Catchment Area. Areas with low T values should be maintained for land conditions because mild erosion will be a serious threat. The erosion tolerance in the KedungOmbo Dam Catchment Area is 59%, which is dominated by high T-values, with an area of 34,092 ha and a very high 24% or an area of 14,136 ha.*

Keywords: *Land degradation; Sheet erosion; Value-T; Land productivity*

ABSTRAK. Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan sebaran nilai toleransi erosi (nilai-T) di Daerah Tangkapan Waduk (DTW) Kedung Ombo. Mengingat DTW Kedung Ombo termasuk wilayah Boyolali sebagai lumbung pangan dengan pasokan utama sayuran dan juga produsen padi. Situasi ini membutuhkan kondisi tanah harus dipertahankan dan tidak ada degradasi lahan atau erosi yang melebihi batas toleransi erosi atau erosi diperbolehkan. Metode yang digunakan untuk menghitung nilai-T dengan cara survei dan dibantu dengan perhitungan analisis raster dengan citra satelit. Parameter yang dikumpulkan di lapangan meliputi kondisi tanah (solum tanah) dan kondisi tanaman (kedalaman perakaran efektif). Dari rumus perhitungan nilai-T dengan *resource life* 300 tahun akan mendapatkan besarnya erosi yang diperbolehkan di seluruh DTW Kedung Ombo. Daerah dengan nilai T yang rendah harus dijaga kondisinya, karena erosi ringan saja akan menjadi ancaman serius. Toleransi erosi di DTW Kedung Ombo 59% didominasi oleh nilai-T yang tinggi, seluas 34.092 ha dan sangat tinggi 24% atau seluas 14.136 ha.

Kata kunci: Degradasi lahan; Erosi permukaan; Nilai-T; Produktivitas lahan

Penulis untuk korespondensi: surel: adbsolo@yahoo.com

PENDAHULUAN

Waduk Kedung Ombo yang terletak di antara Kabupaten Sragen, Grobogan dan Boyolali, memiliki peran penting sebagai bendungan serbaguna dalam rangka pelayanan irigasi air bersih, pembangkit listrik, pengendalian banjir, perikanan serta pariwisata. Waduk Kedung Ombo sebagai waduk dengan multi fungsi telah memberikan kontribusi yang besar dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat, baik secara ekonomi, sosial, maupun aspek lainnya, sehingga keberadaannya perlu dijaga kesinambungan pemanfaatannya. Namun dengan sedimentasi dan pendangkalan waduk akan semakin berkurang fungsi suatu waduk (Hatmoko & Rauf, 2013). Berkenaan dengan kondisi waduk yang tidak menentu dan adanya gangguan sedimentasi perlu dilakukan monitoring dan evaluasi fungsi waduk (Ardiyanto & Hartomo, 2007). Perubahan iklim yang ekstrim dan tidak menentu menyebabkan waduk mengalami kekeringan dan menurunnya pasokkan air untuk irigasi (Jacob & Winner, 2009) *perturbation analyses in chemical transport models (CTMs)*

Daerah Tangkapan Waduk (DTW) yang memiliki luas 57.744 hektar dengan volume tampung waduk 723,16 juta m³ sangat bermanfaat bagi kehidupan masyarakat sekitarnya. Permasalahan saat ini yaitu ketersediaan air waduk Kedung Ombo dari tahun ke tahun cenderung semakin menurun. Kondisi ini berbanding terbalik dengan permintaan air yang semakin meningkat sebagai akibat peningkatan jumlah penduduk, beragamnya pemanfaatan air, berkembangnya pembangunan, serta kecenderungan menurunnya kualitas air akibat pencemaran oleh berbagai kegiatan. Kandungan logam berat dari industri dan Cu (tembaga) dari air sungai akan mencemari air waduk sebagai sumber irigasi (Sulistiyono & Pertanian, 2012)

Menurunnya fungsi waduk karena mengalami sedimentasi dari hasil erosi yang ada di atasnya berkisar 43%, sehingga ketersediaan air waduk hanya berumur setengah dari yang direncanakan semula. Namun demikian menurunnya ketersediaan

air diikuti oleh produktivitas lahan yang juga semakin menurun. Lahan yang mengalami degradasi tingkat kesuburan ditandai oleh adanya tingkat erosi yang terjadi melebihi erosi yang diperkenankan (nilai-T). Evaluasi degradasi lahan akibat terjadinya erosi perlu sering dilakukan untuk memprediksi tingkat produktivitas lahan (Rusdi, M. Rusli Alibasyah, 2013). Degradasi lahan akan semakin meningkat dengan semakin tingginya erosi yang terjadi dibandingkan dengan toleransi erosi atau erosi yang diperkenankan (Sulistyo, 2015).

Sehingga berkenaan dengan permasalahan tersebut, maka tujuan penelitian ini untuk mendapatkan sebaran nilai toleransi erosi (nilai-T) di Daerah Tangkapan Waduk (DTW) Kedung Ombo.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di DTW Kedung Ombo yang memiliki luas wilayah 57.744 hektar yang terdapat 4 sub DAS yang masuk ke waduk yaitu : Sub DAS Karangboyo (11.941 ha) , Sub DAS Gading (16.880 ha), Sub DAS Laban (11.477 ha) dan Sub DAS Uter (17.446 ha). Secara geografis Waduk Kedung Ombo terletak di bagian selatan Jawa Tengah pada posisi 110°45'-111°10' BT (Bujur Timur) dan 7°05'-7°30' LS (Lintang Selatan), tepatnya terletak di Ds. Rambat, Kec. Geyer, 29 Km ke arah selatan kota Purwodadi. Secara koordinat mercator terletak pada titik lokasi antara koordinat UTM (440000, 9170000) sampai (480000, 9200000).

Dari analisis citra satelit ETM7+ tahun 2016 dan SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mapper*) tahun 2010 dan survai lapangan pada tahun 2016 diperoleh kondisi penutupan lahan dan kemiringan lereng. Kondisi penutupan lahan yang ada di atas waduk Kedung Ombo sebagai bagian dari DTW Kedung Ombo didominasi Sawah (23,8%), Tegalan (23,3%) dan Hutan (18,8%) (lihat Tabel 1). Survai penutupan lahan dan factor biofisik lainnya di lapangan dengan menggunakan pedoman survai ISDL (inventarisasi sumber daya lahan) (Harjadi, 2015).

Tabel 1. Kondisi Penutupan Lahan di DTW Kedung Ombo

Penutupan Lahan	Luas (ha)	Persen (%)
Badan Air	4.394,8	7,6
Semak Belukar	2,3	0,0
Bero	7.166,7	12,4
Hutan	10.867,9	18,8
Perkebunan	106,7	0,2
Pekarangan	7.997,9	13,9
Rawa	1,7	0,0
Sawah	13.753,0	23,8
Tegalan	13.453,1	23,3
Total	57.744	100

Kondisi kemiringan lereng di DTW Kedung Ombo didominasi lahan datar (73,3%) dan agak miring (20,9 %) dengan topografi berombak dan bergelombang (lihat Tabel 2).

Tabel 2. Kelas Kemiringan Lereng di DTW Kedung Ombo

Kemiringan	Kelas Lereng	% Lereng	Luas (ha)	Persen (%)
Datar	A	0-4	42.326,8	73,3
Agak Miring	B	4-8	12.059,8	20,9
Miring	C	8-15	2.317,7	4,0
Sangat Miring	D	15-25	812,4	1,4
Agak Curam	E	25-35	167,9	0,3
Curam	F	35-45	49,1	0,1
Sangat Curam	G	45-65	9,8	0,0
Ekstrem Curam	H	65-85	0,7	0,0
Terjal	I	>85	0,0	0,0
			57.744	100

Survei lapangan dengan cara mengumpulkan data biofisik yang diperlukan analisis untuk perhitungan toleransi erosi (nilai-T) yaitu kedalaman tanah dan kedalaman efektif perakaran untuk jenis tanah yang berbeda setiap satuan peta. Dimana nilai-T ini juga berhubungan dengan kepaakan tanah terhadap erosi (nilai-K) (Dariah, Subagyo, Chendy Tafakresnanto, & Marwanto, 2016). Disamping itu juga data pendukung seperti kemiringan lereng dan penutupan lahan seluruh DTW Kedung Ombo dari

hulu (atas) sampai hilir (bawah) yang masuk waduk. Peralatan yang perlu dibawa untuk survei lapangan antara lain : meteran, kompas, abney level, pH stik, dan blanko survei. Sedangkan untuk analisis citra satelit penginderaan jauh dan SIG (Sistem Informasi Geografi) diperlukan perangkat lunak (*soft ware*) yaitu Erdas-Imagine versi 8.7, ArcView 3.3, Ilwis 3.3. Analisa perhitungan nilai-T dengan citra satelit dapat dilakukan secara spektral maupun spasial (Tuti Herawati, 2010).

Analisis perhitungan nilai toleransi erosi (nilai-T) menggunakan formula berikut :

$$T = \frac{EqD}{RL} \dots \dots \dots (1)$$

$$EqD = D \times EF \dots \dots \dots (2)$$

Dimana menurut Hammer (1981) dalam (Choudhary, Majumdar, & Datta, 2016) :

T = toleransi erosi (mm/th)

EqD= faktor kedalaman tanah x kedalaman efektif tanah

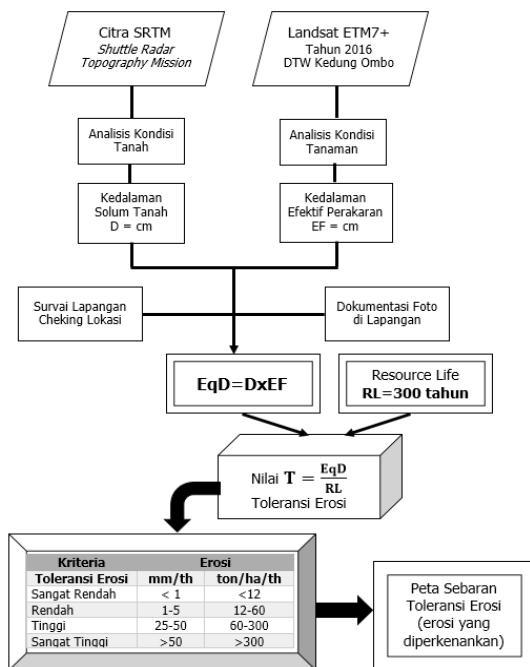
D = Kedalaman solum tanah (cm)

EF = Kedalaman perakaran efektif (cm)

RL = *Resource Life* (300 dan 400 tahun)

Setelah didapatkan nilai-T dengan formula diatas, selanjutnya dilakukan 4 pengkelasan yaitu : (1) sangat rendah < 12 ton/ha/th, (2) rendah = 12-60 ton/ha/th, tinggi = 60-300 ton/ha/th, dan sangat tinggi > 300 ton/ha/th. Besaran masing-masing nilai-T diaplikasikan ke dalam peta sehingga dapat diketahui sebaran daerah mana yang memiliki nilai-T sangat rendah sampai yang memiliki nilai-T sangat tinggi (lihat Gambar 1).

Daerah dengan nilai-T yang rendah perlu diwaspadai karena kejadian erosi ringan saja bisa berakibat serius dan bisa menyebabkan tanah marjinal. Terutama pada daerah perbukitan yang memiliki kemiringan lereng yang curam dan solum yang dangkal (Larsen & Montgomery, 2012).



Gambar 1. Diagram Alur Analisis Perhitungan Toleransi Erosi di DTW Kedung Ombo

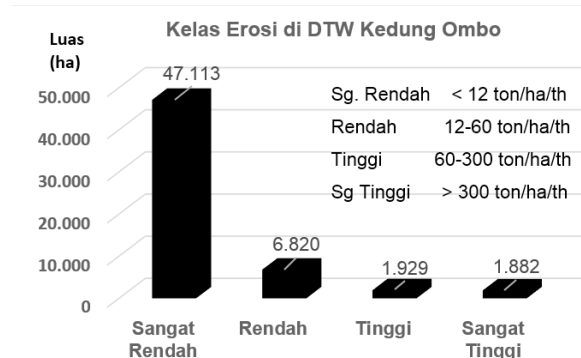
HASIL DAN PEMBAHASAN

Erosi di DTW Kedung Ombo ada yang sangat tinggi > 300 ton/ha/th seluas 1.882 ha dan ada juga yang sangat rendah < 12 ton/ha/th seluas 47.113 ha. Faktor-faktor erosi banyak dipengaruhi oleh laju erosi yang disebabkan pengolahan tanah (P) dan pengelolaan tanaman (C), disamping juga faktor minor lainnya seperti erodibilitas tanah, kemiringan lereng dan erosivitas hujan (Silva, 2013).

Di Indonesia sebagai negara tropis air hujan yang jatuh akan menjadi aliran permukaan yang mampu menggerus permukaan tanah, dan agregat tanah yang sudah hancur diangkut dalam bentuk partikel-partikel tanah yang disebut dengan erosi permukaan tanah (Dariah et al., 2016). Erosi yang sangat tinggi akan menyebabkan menurunnya kesuburan tanah, produktivitas lahan, solum semakin berkurang dan cenderung tanah menjadi rusak mengarah ke marjinal. Lahan marjinal bisa terjadi karena pengelolaan lahan yang kurang tepat atau juga karena formasi batuan dan kondisi yang marjinal sejak awal seperti daerah pantai berpasir (Harjadi & Octavia, 2008). Sebaliknya untuk erosi yang rendah maka tingkat kesuburan dan produktivitas lahan tetap terjaga, solum tanah tetap

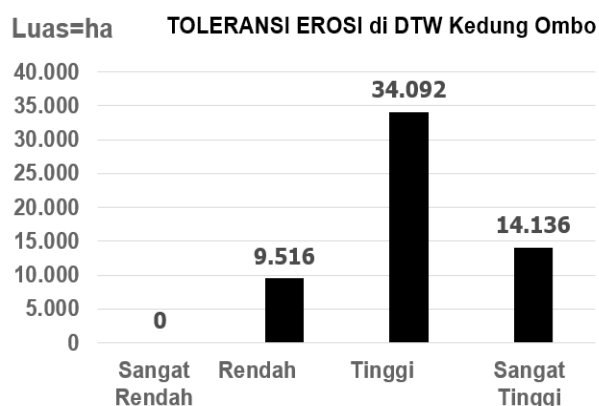
dalam, pemeliharaan bangunan konservasi tanah lebih mudah dan lahan tidak mudah rusak (marjinal).

Besarnya erosi yang terjadi di DTW Kedung Ombo dapat dilihat pada Gambar 2 yang menunjukkan tingkat erosi dari kelas : (1) sangat rendah < 12 ton/ha/th, (2) Rendah = 12-60 ton/ha/th, (3) tinggi 60-300 ton/ha/th, dan (4) sangat tinggi > 300 ton/ha/th.



Gambar 2. Kelas Erosi di DTW Kedung Ombo

Dari analisis citra satelit dan survei lapangan diperoleh nilai toleransi di DTW Kedung Ombo didominasi tingkat tinggi seluas 34.092 ha dan sangat tinggi seluas 14.136 ha (Gambar 3). Daerah dengan toleransi tinggi terhadap erosi diartikan bahwa erosi bukan merupakan ancaman yang serius karena solum tanah masih cukup tebal. Kondisi tersebut biasanya ditunjang produktivitas lahan yang tinggi dan tingkat kesuburan tanah yang terjaga karena proses pembantukan tanah yang relatif cepat. Toleransi erosi yang tinggi biasa terjadi pada lahan dengan solum tebal dengan lahan yang datar (Trisakti, 2014). Seperti tanah sawah dengan ketebalan tanah yang dalam pada daerah lacustrine di Sulawesi (Hikmatullah & Suparto, 2014). Sebaliknya pada daerah yang memiliki toleransi tanah yang rendah maka erosi merupakan ancaman yang serius karena mampu menurunkan produktivitas lahan secara drastis. Kondisi tersebut biasanya dicirikan adanya batuan singkapan (*bare rock*) atau batuan permukaan (*rock outcrop*) dan formasi batuan yang keras belum mengalami pelapukan. Kondisi lahan yang buruk seperti ini dengan tingkat erodibilitas tinggi ditunjang dengan nilai toleransi erosi yang rendah akan mempercepat proses degradasi lahan menjadi marjinal (Timpanometri, 2012)

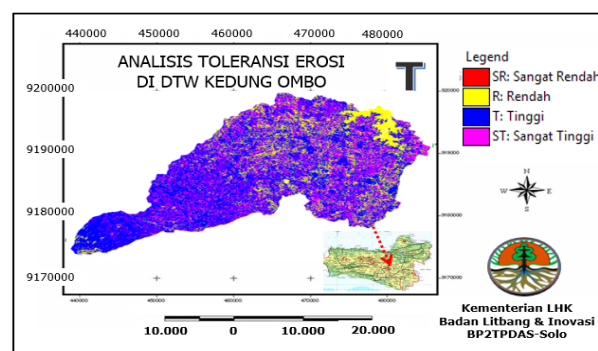


Gambar 3. Tingkat Toleransi erosi di DTW Kedung Ombo

Hasil analisis perhitungan nilai toleransi erosi (nilai-T) jika diaplikasikan ke dalam peta sebaran toleransi erosi di DTW Kedung Ombo dapat dilihat pada Gambar 4. Pada daerah hulu sebelah kiri dari peta dapat dilihat didominasi warna ungu yang menunjukkan daerah dengan tingkat toleransi tinggi sampai pada daerah tengah. Kondisi ini menunjukkan bahwa daerah atas solum masih cukup tebal dan jika terjadi erosi yang tinggi 60-300 ton/ha/th tidak menjadi suatu masalah yang serius. Kebetulan untuk DTW Kedung Ombo tingkat erosi didominasi erosi sangat rendah kurang dari 12 ton/ha/th. Toleransi erosi yang tinggi tidak mengganggu kesuburan tanah, tapi degradasi lahan dengan membawa partikel tanah ke bawah akan menyebabkan sedimentasi dan pendangkalan waduk (Dwi Desifindiana et al., 2013) menampilkan lima faktor yang dianggap memainkan peranan penting untuk terjadinya erosi. Dalam MUSLE, faktor energi curah hujan diganti dengan limpasan. Hal ini meningkatkan prediksi hasil sedimentasi, karena merupakan fungsi dari kondisi kelembaban serta energi curah hujan. Penerapan MUSLE pada DAS membutuhkan pengolahan data yang canggih sesuai prosedur dan pengetahuan tentang teknologi GIS. Hasil dari penelitian didapatkan bahwa nilai Laju Erosi pada DAS Bondoyudo didominasi oleh erosi 0-15 ton/ha/tahun, yaitu tingkat bahaya erosi yang diijinkan. Indeks Erosivitas Hujan menggunakan ArcView mendapatkan (R).

Toleransi erosi rendah terjadi pada lahan DTW Kedung Ombo pada daerah bawah sampai

dekat dengan green belt (sabuk hijau) yang untuk mengamankan waduk. Toleransi erosi yang rendah pada suatu lahan jika terjadi erosi ringan saja akan menjadi masalah yang serius. Kondisi ini biasa terjadi pada daerah miring sampai sangat miring dengan solum tanah dangkal atau daerah yang harus dilindungi seperti green belt. Fungsi kawasan lindung dapat terjadi pada daerah atas maupun daerah dekat waduk yang sama-sama berfungsi untuk menjaga sumber air agar selalu tersedia (Rahmawati, 2007).



Gambar 4. Peta Analisis Toleransi Erosi di DTW Kedung Ombo

Perhitungan analisis toleransi erosi secara keseluruhan yang ada di DTW Kedung Ombo dapat dilihat pada Tabel 3. Secara berurutan dari persentase yang tertinggi hasil analisis tingkat toleransi erosi : tinggi (59%), sangat tinggi (24%), rendah (16%) dan sangat rendah (tidak ada). Dalam hal ini mengandung arti bahwa di DTW Kedung Ombo toleransi erosi didominasi pada tingkat tinggi 59% atau seluas area 34.092 ha. Toleransi yang tinggi pada suatu daerah menunjukkan bahwa daerah tersebut masih relatif aman jika terjadi erosi, karena pembentukan tanah jauh lebih cepat dari pada erosi yang terjadi. Faktor-faktor biofisik yang menyebabkan daerah berpotensi terjadinya erosi antara lain kondisi kemiringan lereng, tekstur tanah, teras, dan penutupan lahan (Cerdan et al., 2010). Erosi yang tinggi selama belum melebihi nilai toleransi erosi masih belum berpengaruh signifikan terhadap degradasi lahan atau menurunnya produktivitas lahan.

Tabel 3. Besarnya Nilai Toleransi Erosi di DTW Kedung Ombo

Kriteria	Erosi		Luas Area	
	mm/th	ton/ha/th	%	ha
Toleransi Erosi				
Sangat Rendah	< 1	<12	0	0
Rendah	1-5	12-60	16	9.516
Tinggi	25-50	60-300	59	34.092
Sangat Tinggi	>50	>300	24	14.136
Total Luas DTW Kedung Ombo			100	57.744

Tingkat toleransi erosi rendah di DTW Kedung Ombo tidak terlalu luas yaitu hanya 16% atau seluas 9.516 ha. Daerah dengan toleransi yang rendah seperti ini harus selalu diwaspadai dengan menjaga kondisi konservasi tanah dan rumput yang ada pada tampingan teras. Hal tersebut perlu dilakukan karena dengan terjadinya erosi yang ringan saja akan berpengaruh signifikan terhadap produktivitas lahan. Pada Gambar 5 dapat dilihat contoh daerah di DTW Kedung Ombo yang memiliki nilai toleransi erosi yang sangat tinggi yaitu pada daerah persawahan irigasi dengan bangunan konservasi tanah yang cukup bagus (5a). Sebaliknya bila toleransi erosi rendah terjadi pada daerah lahan yang terbuka (bero) berdekatan dengan lahan tegalan (5a). Lahan ini dibiarkan karena kondisi tanah yang kurang subur dan solum tanah yang dangkal sehingga tidak menguntungkan secara ekonomis jika diusahakan untuk tanaman semusim atau hortikultura. Padahal kondisi lahan dengan tingkat toleransi erosi yang rendah jika dibiarkan tanpa ada penutup tanah yang memadai, bisa menyebabkan tanah cepat mengalami tandus atau marjinal.



a. *Toleransi erosi sangat tinggi*



b. *Toleransi erosi rendah*

Gambar 5. Contoh Lahan dengan Toleransi Erosi yang Sangat Tinggi (a) dengan yang Rendah (b) di DTW Kedung Ombo

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Kondisi lahan yang miring pada DTW Kedung Ombo perlu dipantau kondisi lahan, yaitu jangan sampai mengalami erosi permukaan yang melebihi dari batas toleransi erosi (nilai-T). Erosi yang melebihi batas nilai-T akan menyebabkan lahan mengalami degradasi dan lama-kelamaan produktivitas lahan semakin menurun. Produktivitas lahan yang menurun akan menyebabkan produktivitas pertanian seperti sayur-sayuran dan padi juga akan semakin menurun.

Batas toleransi erosi di DTW Kedung Ombo dari hasil perhitungan analisis raster dengan citra satelit dan ditunjang dari data lapangan, bahwa nilai-T nya 59% kelas tinggi yaitu antara 60-300 ton/ha/th pada lahan seluas 34.092 ha dan sangat tinggi 24% atau seluas 14.136 ha.

Saran

Penelitian ini perlu dilanjutkan dengan membandingkan kondisi erosi yang sebenarnya terjadi di lapangan pada daerah tangkapan waduk yang mengalami pendangkalan akibat erosi dan terjadinya sedimentasi pada waduk. Sehingga dapat diketahui daerah mana yang menjadi penyumbang pendangkalan waduk dan berpotensi terjadinya lahan marjinal karena nilai-T yang rendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada Kepala Balitk DAS atau BP2TPDAS (Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan Daerah Aliran Solo) beserta para Seksi dan Staf. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada para Peneliti dan Teknisi yang telah membantu pada saat survei dan pengumpulan data di lapangan. Begitu juga beberapa instansi yang terkait yang ada di Boyolali seperti BAPEDA, Dinas Lingkungan Hidup, Dinas Kehutanan dll.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiyanto, I., & Hartomo, D. T. (2007). *Evaluasi pola operasi waduk di sistem waduk kedungombo dengan metode simulasi*. Semarang.
- Cerdan, O., Govers, G., Le Bissonnais, Y., Van Oost, K., Poesen, J., Saby, N., ... Dostal, T. (2010). Rates and spatial variations of soil erosion in Europe: A study based on erosion plot data. *Geomorphology*, 122(1–2), 167–177. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.06.011>
- Choudhary, B. K., Majumdar, K., & Datta, B. K. (2016). Effects of Land Use on the Soil Organic Carbon Storage Potentiality and Edaphic Factors in Tripura, Northeast India. *American Journal of Climate Change*, 2016, 5, 417–429. Published, (September), 417–429.
- Dariah, A., Subagyo, H., Chendy Tafakresnanto, D., & Marwanto, S. (2016). Kepekaan Tanah Terhadap Erosi. Bogor: unpublish.
- Dwi Desifindiana, M., Suharto, B., Wirosoedarmo, R., Keteknikan, J., Teknologi, P., Brawijaya, P., ... Korespondensi, P. (2013). Analisa Tingkat Bahaya Erosi pada Das Bondoyudo Lumajang dengan Menggunakan Metode Musle (In Press) The Analisis of Erosion Danger Level in Bondoyudo Watershed Lumajang Using MUSLE Method. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 1(2), 9–17.
- Harjadi, B. (2015). *SURVEI Inventarisasi Sumber Daya Lahan (ISDL)* (1st ed.). Yogyakarta: Penerbit Deepublish (CV.BUDI UTAMA) Jl.Elang 3 No.3 Drono, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman. Jl.Kaliurang Km 9,3 Yogyakarta, 55581.
- Harjadi, B., & Octavia, D. (2008). Penerapan Teknik Konservasi Tanah di Pantai Berpasir untuk Agrowisata. *Info Hutan Vol. V No. 2* : 113–121, 2008, 113–121.
- Hatmoko, W., & Rauf, A. (2013). Tinggi Muka Air Waduk sebagai Indikator Kekeringan Studi Kasus pada Waduk Kedungombo dan Waduk Cacaban. *Bendungan Besar*, (September 2012), 1–15.
- Hikmatullah, & Suparto. (2014). Karakteristik Tanah Sawah dari Endapan Lakustrin di Sulawesi Characteristics. *Jurnal Tanah Dan Iklim Vol. 38 No. 1 - 2014*, 38(1), 1–14.
- Jacob, D. J., & Winner, D. A. (2009). Effect of climate change on air quality. *Atmospheric Environment*, 43(1), 51–63. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.09.051>
- Larsen, I. J., & Montgomery, D. R. (2012). Landslide erosion coupled to tectonics and river incision. *Nature Geoscience*, 5(7), 468–473. <https://doi.org/10.1038/ngeo1479>
- Rahmawati. (2007). Pemanfaatan Kawasan Sumber Mata Air Senjoyo Di Kecamatan Tenganan Kabupaten Semarang. *Tesis Program Pasca Sarjana Magister Teknik Pembangunan Wilayah Dan Kota, Universitas Diponegoro*, 1–148.
- Rusdi, M. Rusli Alibasyah, A. K. (2013). Evaluasi Degradasi Lahan Diakibatkan Erosi Pada Areal Pertanian Di Kecamatan Lembah Seulawah Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Konservasi Sumber Daya Lahan Pascasarjana Universitas Syiah Kuala*, Volume 1, No. 1, Mei 2013, 1(1), 24–39.
- Silva, M. M. da. (2013). Tingkat Bahaya Erosi Kawasan Hutan Ile Mandiri Kabupaten

Flores Timur. *Jurnal Hutan Tropis*, 1(2), 123–130.

Sulistyo, B. (2015). Pemodelan Faktor K Berbasis Raster Sebagai Masukan Pemodelan Erosi di DAS Merawu, Banjarnegara, Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 22(2), 240–246.

Sulistyono, E., & Pertanian, F. (2012). Pengaruh Kandungan Cu dalam Air Irigasi terhadap Pertumbuhan dan Produksi Padi (*Oryza sativa* L .) The Effect of Cu Content in Irrigation Water on The Growth and Production of Rice (*Oryza sativa* L .), 40(3), 180–183.

Timpanometri, D. M. (2012). Erodibilitas Tanah. Bogor: unpublish.

Trisakti, B. (2014). Pendugaan Laju Erosi Tanah Menggunakan Data Satelit Landsat dan SPOT (Soil Erosion Rate Estimation Using Landsat and SPOT). *Jurnal Penginderaan Jauh*, 11(2), 88–101.

Tuti Herawati. (2010). Analisis Spatial Tingkat Bahaya Erosi di Wilayah Cisadane Kabupaten Bogor. *Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam*, VII(No 4), 413–424.