

**APLIKASI MODEL GEOSPATIAL INTERFACE FOR WATER EROSION PREDICTION PROJECT
(GEOWEPP) UNTUK PREDIKSI LAJU EROSI DI DAS JONO, KECAMATAN PIYUNGAN,
KABUPATEN BANTUL, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA**

Bagus Arif Setiawan
setiawan.bagusarif@gmail.com

Suprpto Dibyosaputro
pembimbing@email.com

Abstract

Jono Watershed has 512.5 hectares of area, situated in Bantul District, Yogyakarta Special Region. Most of land in this watershed intensely cultivated for agriculture purpose. Part of that agriculture land is located on the steep slopes. It is potentially causing a serious land erosion. Land erosion must be studied in order to understand the distribution of erosion in Jono Watershed. In this study, Geospatial Interface for Water Erosion Prediction Project (GeoWEPP Model) was used to estimate land erosion rate and it's distribution in watershed. GeoWEPP is a process-based continuous simulation erosion model that can be applied to estimate erosion rate in small watershed. GeoWEPP predict the average of rill and interrill erosion in a year based on climate, soil, vegetation, and land management data. The results show that average of erosion rate in Jono Watershed is 85.96 tones/hectares/year. The great erosion was occurred on 13.35% of watershed, located on midslope - footslope, exactly it's occurred on erosion slope. Index PMARE show that GeoWEPP was fine to estimate erosion rate less than 160 tones/hectares/year.

Keywords: High Intensity Cultivation, Erosion, GeoWEPP, Jono Watershed.

Abstrak

Das Jono memiliki luas 512.5 ha yang terletak di Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Lahan di DAS ini sebagian besar dimanfaatkan untuk pertanian intensif. Sebagian lahan pertanian di DAS Jono terletak pada lereng dengan kemiringan terjal. Hal ini berpotensi terjadi erosi dalam jumlah besar. Penelitian erosi perlu dilakukan untuk mengetahui laju dan persebaran erosi di DAS. Prediksi erosi pada penelitian dilakukan dengan menggunakan model *Geospatial Interface for Water Erosion Prediction Project* (GeoWEPP). GeoWEPP merupakan model berbasis pada proses dasar terjadinya erosi. Data yang dibutuhkan dalam prediksi adalah data iklim, karakteristik lahan, data vegetasi dan pengelolaan lahan, serta data *Digital Elevation Model*. Berdasarkan data tersebut GeoWEPP memprediksikan erosi *rill* dan *interrill* yang terjadi pada lahan. Hasil menunjukkan bahwa DAS Jono setiap tahunnya mengalami erosi sebesar 85,96 ton/ha. Erosi yang besar terjadi pada 13,35% lahan di DAS dengan nilai mencapai lebih dari 160 ton/ha/tahun.. Berdasarkan analisis peta, lahan yang mengalami proses erosi berat terjadi pada lereng tengah hingga lereng bawah DAS, tepatnya berada pada lereng erosi yang merupakan lokasi terbentuknya aliran permukaan. Analisis indeks PMARE menunjukkan GeoWEPP memiliki kualitas cukup baik dalam memprediksi erosi di bawah 160 ton/ha/tahun.

Kata Kunci : Pertanian Intensif, Erosi, GeoWEPP, DAS Jono.

PENDAHULUAN

Erosi tanah merupakan salah satu ancaman yang ditemui sebagian besar wilayah di dunia. Meskipun pada awalnya erosi merupakan proses yang alami, kini erosi dapat berpotensi merusak lahan baik secara insitu maupun eksitu. Hal ini disebabkan oleh aktivitas manusia yang mempercepat proses erosi. Menurut FAO (1996, dalam Blanco dan Lal, 2008) penyebab utama terjadinya erosi dipercepat adalah penggembalaan berat (35%), penggundulan hutan (30%), dan pertanian (28%). Masalah yang ditimbulkan erosi diantaranya adalah penipisan lapisan tanah sebagai media tanam dan pengurangan unsur hara di tanah, serta masalah yang ditimbulkan oleh sedimentasi seperti penyempitan muara sungai, pendangkalan sungai, dan penutupan saluran irigasi (Morgan, 2005).

Salah satu wilayah yang terindikasi memiliki erosi dalam jumlah besar adalah Daerah Aliran Sungai (selanjutnya dinyatakan dengan singkatan DAS) Jono yang terletak di Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. DAS seluas 512,5 Ha yang berada di kaki Perbukitan Baturagung ini memiliki kemiringan lereng dominan lebih besar dari 25% dengan jenis penggunaan lahan sebagian besar merupakan lahan pertanian intensif. Pertanian di lahan dengan kemiringan lereng yang besar dapat berpotensi meningkatkan proses erosi di lahan.

Kedalaman tanah yang relatif tipis di lereng yang miring menunjukkan bahwa kapasitas penyimpanan air oleh tanah juga kecil. Air hujan yang masuk ke DAS dapat langsung menjadi limpasan permukaan dan aliran permukaan dalam waktu singkat dan jumlah yang besar. Blanco dan Lal (2008) menjelaskan bahwa limpasan permukaan dan aliran permukaan merupakan agen penyebab terjadinya erosi. Penggunaan lahan berupa pertanian intensif pada lereng miring di DAS Jono ditunjukkan pada Gambar 1.

Metode perhitungan erosi untuk DAS telah banyak dikembangkan, salah satunya adalah dengan menggunakan model GeoWEPP. GeoWEPP merupakan model penghubung antara model prediksi WEPP dengan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (Renschler, 2003). Model WEPP memiliki orientasi pada

proses dasar terjadinya erosi. Penggunaan model GeoWEPP pada penelitian ini memiliki alasan yang diantaranya yaitu: 1) model GeoWEPP berorientasi pada proses dasar terjadinya erosi di lahan sehingga dapat diketahui laju erosi secara detil, dan 2) antarmuka GeoWEPP berupa Sistem Informasi Geografis (selanjutnya disingkat SIG) sehingga memudahkan peneliti untuk mengetahui lokasi terjadinya erosi.



Gambar 1. Lahan pertanian di DAS Jono

Pendugaan erosi dengan menggunakan model GeoWEPP di Indonesia relatif masih jarang dilakukan. Tingkat akurasi prediksi erosi dengan menggunakan model ini masih belum diketahui secara pasti untuk penggunaannya di Indonesia. Hal ini menarik untuk dilakukan penelitian terkait validasi hasil prediksi erosi model GeoWEPP di wilayah kajian.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini memiliki tujuan yaitu: (1) Mempelajari persebaran besar erosi di DAS Jono dengan menggunakan model GeoWEPP. (2) mengetahui kualitas prediksi GeoWEPP untuk penggunaannya di DAS Jono.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan langkah: Pengumpulan data-data yang dibutuhkan yaitu data iklim, data karakteristik tanah, data karakteristik vegetasi dan pengelolaan lahan, dan data topografi. data tersebut dibutuhkan dalam prediksi erosi menggunakan model GeoWEPP. Prediksi erosi dilakukan dengan beberapa tahap yaitu generalisasi data iklim, simulasi lahan, analisis batas unit *hillslopes*, dan prediksi erosi itu sendiri. Hasil prediksi GeoWEPP perlu dilakukan validasi untuk mengetahui kualitas prediksi. penelitian ini menggunakan analisis indeks PMARE untuk mengetahui kualitas prediksi.

Data yang Dikumpulkan

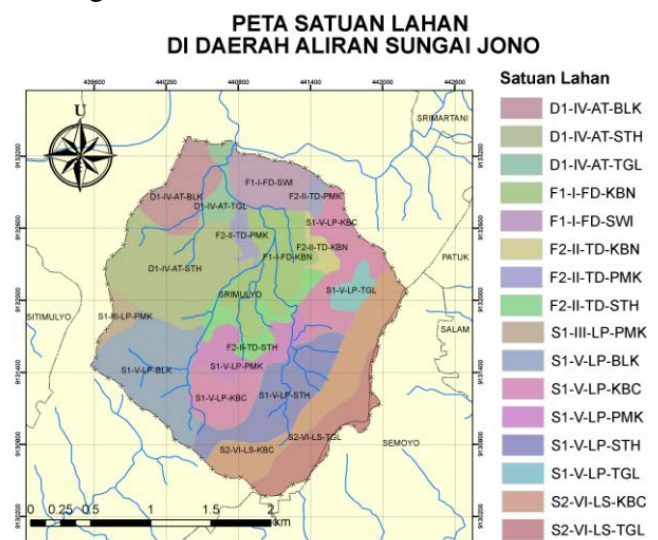
GeoWEPP membutuhkan data-data karakteristik yang digunakan untuk menghitung laju erosi yang ada di lahan. Data tersebut diantaranya adalah:

1. Data iklim berupa curah hujan dan temperatur udara dari stasiun meteorologi terdekat. Penelitian ini menggunakan data curah hujan dari 6 stasiun hujan di sekitar DAS selama 6 tahun.
2. Data topografi berupa DEM dengan resolusi spasial 12,5m dan akurasi vertikal 7,9 meter dari peta RBI Lembar Timoho skala 1:25.000.
3. Data karakteristik tanah yaitu: peta persebaran jenis tanah, tekstur tanah untuk setiap horizon tanah, kandungan bahan organik, persentase batuan dalam tanah, kapasitas tukar kation, kelembaban tanah pada awal tahun prediksi, dan berat volume tanah. Data ini diperoleh melalui pengambilan sampel dan pengujian sampel tanah di laboratorium.
4. Data karakteristik vegetasi dan pengelolaan lahan yaitu: peta persebaran penggunaan lahan, jenis vegetasi dan data karakteristik pertumbuhan vegetasi, jenis pengelolaan lahan dan data pengaruh tiap pengolahan pada karakteristik tanah, kalender penanaman. Data ini didapatkan melalui studi literatur dan pengamatan lapangan.

Pengolahan Data

Data yang telah terkumpul harus diolah terlebih dahulu sebelum dimasukkan dalam perangkat lunak GeoWEPP. Pengolahan yang dilakukan diantaranya adalah:

1. Perhitungan hujan wilayah harian dari data curah hujan di sekitar DAS selama 6 tahun. Perhitungan hujan wilayah dilakukan dengan menggunakan metode *isohyets* (Seyhan, 1990).
2. Perhitungan temperatur udara (maksimum dan minimum) di titik tengah DAS dengan menggunakan metode Mock (1973, dalam Murtiono, 2009).
3. *Input* data iklim ke program CLIGEN.
4. Pembuatan peta satuan lahan sebagai unit pengambilan sampel. Peta satuan lahan terdiri atas: bentuklahan-kemiringan lereng- jenis tanah-dan penggunaan lahan. peta yang satuan lahan juga digunakan sebagai peta dasar dalam prediksi erosi menggunakan model GeoWEPP. Satuan lahan di DAS Jono disajikan dalam Tabel 1. Peta satuan lahan disajikan dalam Gambar 2.
5. *Input* data tanah dan vegetasi-pengelolaan lahan ke program WEPP untuk dijadikan sebagai basis data acuan.



Gambar 2. Satuan lahan di DAS Jono

Sumber: Hasil analisis (2014)

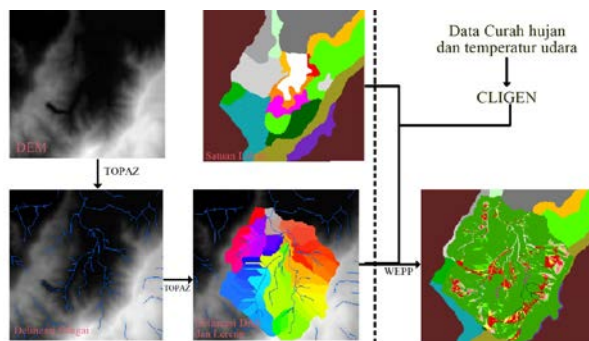
Tabel 1. Satuan lahan di DAS Jono

Satuan Lahan	Bentuklahan	Kemiringan Lereng	Jenis Tanah	Penggunaan Lahan	Luas (Ha)
F1-I-FD-SWI	Dataran Aluvial	0% - 3%	Fluentic Dystrustepts	Sawah irigasi	26,8
F1-I-FD-KBN	Dataran Aluvial	0% - 3%	Fluentic Dystrustepts	Kebun tebu	44
F2-II-TD-PMK	Dataran Fluvio-koluvial	3% - 8%	Typic Dystrustepts	Permukiman	11,5
F2-II-TD-STH	Dataran Fluvio-koluvial	3% - 8%	Typic Dystrustepts	Sawah tadah hujan	20,9
F2-II-TD-KBN	Dataran Fluvio-koluvial	3% - 8%	Typic Dystrustepts	Kebun tebu	6,7
S1-III-LP-PMK	Lereng bawah perbukitan struktural	8% - 13%	Lithic Ustipsamments	Permukiman	7,1
D1-IV-AT-STH	Lereng perbukitan denudasional	13% - 20%	Asosiasi Typic Haplustepts dan Typic Ustipsamments	Sawah tadah hujan	73,8
D1-IV-AT-BLK	Lereng perbukitan denudasional	13% - 20%	Asosiasi Typic Haplustepts dan Typic Ustipsamments	Belukar	30,6
D1-IV-AT-TGL	Lereng perbukitan denudasional	13% - 20%	Asosiasi Typic Haplustepts dan Typic Ustipsamments	Tegalan	10,7
S1-V-LP-TGL	Lereng bawah perbukitan struktural	20% - 55%	Lithic Ustipsamments	Tegalan	9,1
S1-V-LP-KBC	Lereng bawah perbukitan struktural	20% - 55%	Lithic Ustipsamments	Kebun campuran	58,4
S1-V-LP-PMK	Lereng bawah perbukitan struktural	20% - 55%	Lithic Ustipsamments	Permukiman	24,9
S1-V-LP-STH	Lereng bawah perbukitan struktural	20% - 55%	Lithic Ustipsamments	Sawah tadah hujan	45,8
S1-V-LP-BLK	Lereng bawah perbukitan struktural	20% - 55%	Lithic Ustipsamments	Belukar	56,9
S2-VI-LS-TGL	Lereng atas pegunungan struktural	55% - 140%	Lithic Ustorthents	Tegalan	32,5
S2-VI-LS-KBC	Lereng atas pegunungan struktural	55% - 140%	Lithic Ustorthents	Kebun campuran	52,9

Sumber: Hasil pengolahan data (2015)

Pengoperasian GeoWEPP

Proses simulasi dilakukan oleh beberapa program yang disediakan dalam perangkat lunak GeoWEPP. Program tersebut diantaranya adalah CLIGEN, TOPAZ, serta WEPP/TOPAZ Translator. Program CLIGEN bertugas untuk mengembangkan data iklim dan diproyeksikan untuk waktu yang lebih lama. Program TOPAZ bertugas untuk menyimulasikan kondisi DAS termasuk: mendelineasi saluran, membatasi DAS, dan membatasi unit analisis GeoWEPP berupa unit *hillslopes* yang memiliki karakteristik lahan, vegetasi, dan pengelolaan tertentu. Hasil pengeoperasian kedua program akan diteruskan oleh program WEPP/TOPAZ Translator untuk memprediksi erosi. Secara umum alur pengoperasian GeoWEPP dijelaskan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Alur pengoperasian GeoWEPP

Validasi model

Pengujian hasil prediksi dilakukan dengan menghitung indeks PMARE (*Percent Mean Absolute Relative Error*) dari data prediksi dan observasi. Menurut Ali dan Abustan (2014), PMARE memiliki kualitas yang baik dalam mengevaluasi model karena bersifat konsisten, logis, interpretatif, dan dapat mengukur kesalahan model secara akurasi dan presisi. Indeks PMARE dihitung dengan menggunakan persamaan (Ali dan Abustan, 2014):

$$PMARE (\%) = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|(o-p)|}{o}$$

dengan n adalah jumlah data, o adalah nilai hasil observasi (diperoleh di lapangan dengan menghitung kehilangan tanah dari benukan erosi berupa *rill* dan *interrill*), p adalah nilai hasil prediksi, dan $|o-p|$ adalah nilai absolut dari selisih antara o dan p . Indeks PMARE dapat digunakan untuk mengetahui kualitas dari model

prediksi melalui klasifikasi yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kualitas model berdasarkan Indeks PMARE

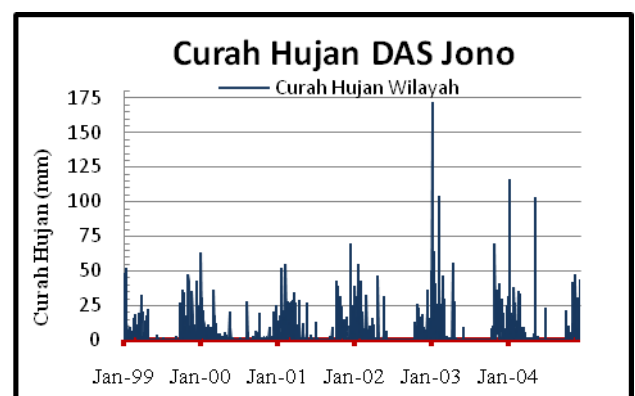
PMARE value (%)	Kualitas
0 - 5	Sempurna
5-10	Sangat Baik
10 - 15	Baik
15 - 20	Cukup Baik
20 - 25	Sedang
>25	Tidak memuaskan

Sumber : Ali dan Abustan (2014)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Iklim

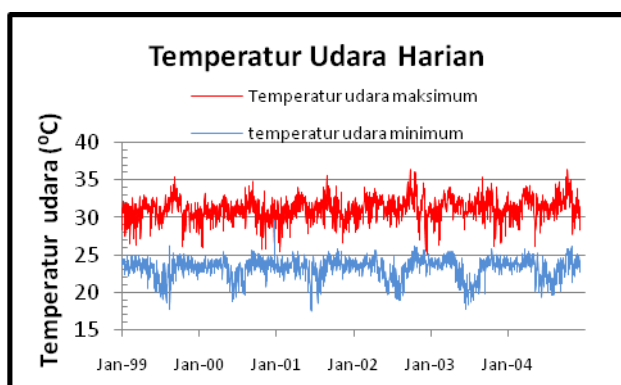
Iklim merupakan salah satu parameter erosi yang sangat berpengaruh pada proses kejadian erosi. Percikan air hujan dan aliran permukaan pada lahan dapat mempengaruhi besarnya erosi. Gambar 4 menunjukkan grafik hujan di DAS Jono. Kejadian hujan yang terjadi pada tahun 1999 hingga 2004 berjumlah 828 kejadian atau 37% dari total hari. Curah hujan tersebut cenderung mengelompok pada akhir tahun hingga awal tahun sedangkan pada pertengahan tahun cenderung tidak ada kejadian hujan. Proses erosi berpotensi besar terjadi pada akhir tahun hingga awal tahun sesuai dengan meningkatnya curah hujan pada bulan-bulan tersebut. Curah hujan tahunan paling tinggi yaitu 1936 mm/tahun pada tahun 2003. Curah hujan harian tertinggi terjadi pada bulan Januari 2003 sebesar 172 mm/hari. Semakin tinggi curah hujan maka semakin besar tenaga erosi dan laju erosi yang terjadi.



Gambar 4. Curah Hujan DAS Jono

Selain Curah hujan, data iklim yang digunakan dalam prediksi adalah data temperatur udara maksimum dan minimum. Temperatur udara dibutuhkan untuk melengkapi data parameter iklim yang tidak diketahui seperti radiasi matahari dan evapotranspirasi. Data

temperatur juga dibutuhkan untuk mengetahui pertumbuhan tanaman di setiap satu lahan. temperatur udara di DAS Jono rata-rata berkisar antara 23,2°C hingga 31,2 °C. Grafik temperatur pada Gambar 5 menunjukkan adanya peningkatan temperatur mulai 1999 hingga 2004 baik temperatur maksimum maupun temperatur minimum. Dilihat lebih detil, temperatur minimum memiliki pola menurun pada pertengahan tahun atau ketika tidak ada kejadian hujan sedangkan temperatur maksimum stabil pada bulan tersebut. Temperatur maksimum memiliki peningkatan pada akhir bulan sekitar bulan September ketika temperatur minimum mulai terjadi peningkatan.



Gambar 5. Temperatur udara DAS Jono

Karakteristik Lahan

Karakteristik lahan berbagai menjadi karakteristik tanah dan karakteristi vegetasi-pengelolaan lahan. Tabel 3 menunjukkan data karakteristik tanah dan Tabel 5 menunjukkan kalender penanaman di DAS Jono pada setiap lahan.

Tabel 3. Karakteristik tanah

Jenis Tanah	Kedalaman (mm)	Tekstur (%)		Persentase Batu (%)	Berat Volume (g/cc)	Bahan Organik (%)	KTK (mg/100g)	Albedo	Saturasi awal (%)
		Pasir	Lempung						
Fluventic Dystrustepts	0 - 920	43	22	15	0,94	0,95	10	0,31	75
	921 - 1250	10	17	10		0,39	13		
	1200-2000	17	60	15		0,58	70		
Typic Dystrustepts	0 - 320	39	25	15	0,89	1,2	10	0,252	
	320 -900	30	34	15		0,83	18		
Asosiasi Typic Haplustepts dan Typic Ustipsamments	0 -800	42	30	15	1,11	0,89	17	0,348	
Lithic Ustipsamments	0 - 500	58	15	1,1	0,98	1,1	15	0,28	
Lithic Usthorhents	0 - 500	30	29	20	0,87	1,15	19,2	0,271	

Sumber: pengambilan sampel dan pengujian laboratorium (2014)

Berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 3, maka dapat dihitung erodibillitas tanah pada alur, erodibillitas tanah pada area antar alur, dan tegangan kritis tanah yang belum disesuaikan. Hasil perhitungan disajikan dalam

Tabel 4. Perhitungan dilakukan menggunakan persamaan (Alberts, *et al.*, 1995):

Erodibilitas tanah pada alur

$$K_i = 2728000 + 192100 * \% VST, \text{ untuk kadar pasir } > 30\% \quad (1)$$

$$K_i = 6054000 - 55130 * \% Cl, \text{ untuk kadar pasir } < 30\% \quad (2)$$

Erodibilitas tanah pada area antar alur

$$K_r = 0.00197 + 0.00030 * (\% VST + 0.03863 * EXP(-1.84 * BO)), \text{ untuk kadar pasir } > 30\% \quad (3)$$

$$K_r = 0.0069 + 0.134 * EXP(-0.20 * \% Cl), \text{ untuk kadar pasir } < 30\% \quad (4)$$

Tegangan kritis tanah

$$\tau_c = 2.67 + 0.065 * (\% Cl) - 0.058 * (\% VST), \text{ untuk kadar pasir } > 30\%, \quad (5)$$

$$\text{atau, } \tau_c = 3.5, \text{ untuk kadar pasir } < 30\% \quad (6)$$

VST adalah pasir sangat halus, BO adalah kandungan bahan organic dan Cl adalah lempung.

Tabel 4. Erodibilitas dan Tegangan Kritis tanah

Kode Tanah	Erodibillitas tanah pada area antar alur awal / dasar (kg.s/m4)	Erodibillitas tanah pada alur awal/dasar (s/m)	Tegangan kritis tanah awal / dasar (pa)
AT	10.796.200	0,01	2,18
FD	10.988.300	0,01	1,61
LP	13.869.800	0,02	0,28
LS	8.491.000	0,01	2,82
TD	10.219.900	0,01	2,03

Sumber : Hasil analisis data (2015)

Erodibilitas tanah merupakan tingkat kepekaan tanah terhadap erosi. Besar erodibilitas tanah berbanding lurus dengan besarnya kehilangan tanah (Alberts, *et al.*, 1995). Tegangan kritis tanah dapat diartikan sebagai tingkat ketahanan tanah terhadap tenaga erosi (Alberts, *et al.*, 1995). Berdasarkan Tabel 4, tanah yang memiliki potensi terjadi kehilangan tanah paling besar adalah tanah *Lithic Ustipsamments* (LU) karena memiliki nilai erodibilitas yang besar namun tegangan kritis tanah paling rendah. Tanah yang memiliki potensi kehilangan tanah paling kecil adalah *Lithic Ustorthents* (LUS) karena memiliki erodibilitas tanah paling kecil dan tegangan kritis paling besar.

Penggunaan lahan di DAS Jono didominasi oleh sektor pertanian terutama sawah tadah hujan dan tanah ladang. Penggunaan lahan di sektor pertanian pada umumnya menerapkan sistem kalender penanaman untuk memaksimalkan hasil panen. Di DAS Jono beberapa penggunaan lahan memiliki sistem kalender tanaman yang berbeda meskipun dalam penggunaan lahan yng sama. Kalender

penanaman dan jenis tanaman pada setiap satuan lahan disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Kalender penanaman disetiap satuan lahan

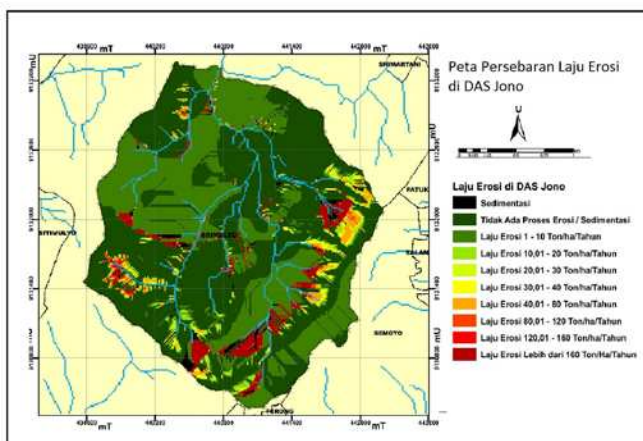
Satuan lahan	ROTASI											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
D1-IV-AT-STH	PADI						JAGUNG					
D1-IV-AT-BLK	BELUKAR											
D1-IV-AT-TGL	JAGUNG						JAGUNG					
F1-I-FD-SWI	PADI				PADI		JAGUNG					
F1-I-FD-KBN	TEBU											
F2-II-TD-PMK	RUMAH											
F2-II-TD-STH	PADI				TEMAKAU				JAGUNG			
F2-II-TD-KBN	TEBU											
S1-V-LP-TLD	JAGUNG				JAGUNG				JAGUNG			
S1-V-LP-KBC	KEBUN CAMPURAN (POHON)											
S1-V-LP-PMK	RUMAH											
S1-III-LP-PMK	RUMAH											
S1-V-LP-STH	PADI						JAGUNG					
S1-V-LP-BLK	BELUKAR											
S2-VI-LS-TGL	JAGUNG				KACANG				JAGUNG			
S2-VI-LS-KBC	KEBUN CAMPURAN (POHON)											

Sumber: Pengamatan lapangan(2014)

Berdasarkan Tabel 5, penggunaan lahan terbagi menjadi dua berdasarkan sistem kalender penanaman yaitu sistem musiman dan sistem tahunan. Lahan pada sistem musiman mengalami pengolahan lahan lebih dari satu kali dalam satu tahun sedangkan lahan dalam sistem tahunan di DAS Jono tidak ada pengolahan sama sekali dalam satu tahun.

Hasil Prediksi GeoWEPP

Metode prediksi yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *onsite*. Metode ini memprediksi proses erosi atau sedimentasi pada *flowpath* (lintasan aliran) yang dimiliki unit *hillslopes*. Lintasan aliran diasumsikan terletak di seluruh piksel pada peta raster yang menjadi acuan prediksi sehingga setiap piksel dalam peta hasil prediksi memiliki informasi laju erosi. Hasil prediksi laju erosi di DAS Jono oleh GeoWEPP disajikan dalam Gambar 6 dan data erosi di DAS Jono disajikan pada Tabel 6.



Gambar 6. Peta persebaran laju erosi di DAS Jono
Tabel 6. Laju erosi di DAS Jono

Kehilangan TanahDAS (Ton/Tahun)	Rata-rata Erosi di DAS (Ton/Ha/Tahun)	Kelas Erosi (Ton/Ha/Tahun)	Luas (Ha)	Persentase
44.054,62	85,96	sedimentasi	8,3	1,62%
		0	268,5	52,39%
		0,01 - 10	165,0	32,2%
		10,01 - 20	8,8	1,72%
		20,01 - 30	5,7	1,11%
		30,01 - 40	5,1	1%
		40,01 - 80	9,5	1,85%
		80,01 - 120	2,3	0,45%
		120,01 - 160	1,4	0,27%
		>160	21,6	4,21%
		Luas Lahan	496,1	96,8%
		Sungai	16,4	3,2%
		Luas DAS	512,5	100%

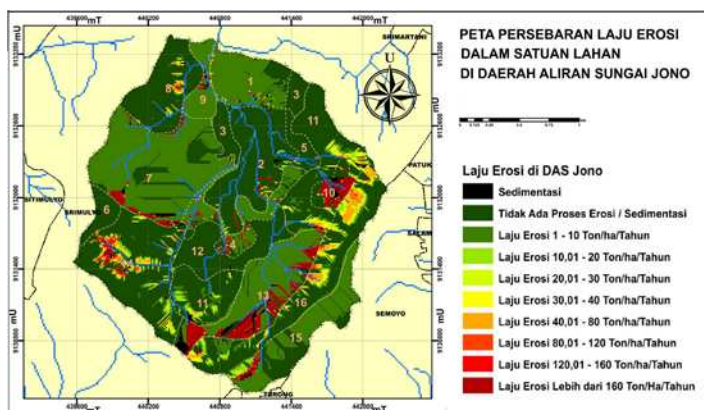
Sumber: hasil analisis (2015).

Kehilangan tanah total di DAS Jono adalah 44.052,62 ton. Rata-rata erosi yang terjadi di DAS sebesar 85,96 ton/ha/tahun. Laju erosi tersebut tergolong tinggi mengingat pembentukan tanah di Indonesia berkisar 2 mm/tahun (Hardjowigeno dan Widiatmaka, 2011).

Diperhatikan lebih detil pada Tabel 6 dan Gambar 6, tidak semua lahan di DAS Jono memiliki laju erosi hingga 85,96 ton/ha/tahun. Hasil prediksi menunjukkan 1,62% dari luas lahan mengalami proses sedimentasi, 52,39% dari luas lahan di DAS Jono tidak mengalami erosi (atau laju erosi sama dengan laju sedimentasi), dan 32,2% lahan mengalami erosi dengan laju relatif kecil yaitu 0,01 – 10 ton/ha/tahun. Dengan demikian terhitung hanya 68,43 ha lahan atau 13,35% dari luas DAS Jono yang mengalami erosi lebih besar dari 10 ton/ha/tahun.

Peta persebaran erosi di DAS Jono menunjukkan bahwa 13,35% lahan yang memiliki laju erosi di atas 10 ton/ha/tahun cenderung mengelompok di lereng dengan kemiringan lereng lebih dari 25%, terutama di lereng bagian timur memanjang hingga barat daya. Berdasarkan posisinya di DAS Jono, lahan tersebut masuk dalam lereng tengah hingga lereng bawah. Lereng tersebut merupakan lereng erosi dari DAS Jono. Lereng erosi merupakan lereng dimana aliran permukaan terbentuk dalam jumlah besar yang kemudian akan masuk ke saluran yang lebih besar (Wischmeier dan Smith, 1978). Aliran permukaan tersebut mampu mengakibatkan erosi dalam jumlah besar. Hal ini diperkuat dengan tidak ditemukan erosi dalam jumlah besar di lereng hulunya.

Erosi pada dasarnya dipengaruhi oleh faktor iklim, topografi, tanah, vegetasi, dan pengelolaan lahan (Morgan, 2005; Blanco dan Lal, 2008; Arsyad, 1989; Wischmeier dan Smith, 1978). Hal tersebut menunjukkan bahwa batas laju erosi di suatu lahan bisa dipengaruhi keempat faktor. Berdasarkan teori tersebut, peneliti membandingkan pola persebaran erosi di DAS Jono dengan peta persebaran satuan lahan. satuan lahan dipilih sebagai pembanding karena satuan lahan membawa informasi karakteristik lahan yang menentukan laju erosi. Gambar 7 menunjukkan peta persebaran laju erosi dalam satuan lahan di DAS Jono.



Gambar 7. Peta laju erosi dalam satuan lahan di DAS Jono

Gambar 7 menunjukkan bahwa secara umum pola persebaran laju erosi di DAS Jono hampir sama dengan batas satuan lahan. Perubahan warna sebagai petunjuk laju erosi di peta persebaran laju erosi hampir berhimpitan dengan garis yang menunjukkan batas satuan lahan. Secara visual, faktor yang paling berpengaruh dalam proses erosi di DAS Jono adalah penggunaan lahan (vegetasi dan pengelolaan lahan). Hal ini dibuktikan dengan membandingkan satuan lahan satu dengan satuan lahan lain yang membawa salah satu karakteristik lahan yang sama. Dua satuan lahan dengan topografi yang sama tidak terlihat memiliki pola erosi yang sama, begitu pula dengan karakteristik tanah. Namun untuk penggunaan lahan, kesamaan penggunaan lahan pada satuan lahan yang berbeda menghasilkan erosi yang hampir sama. Hal ini ditunjukkan pada satuan lahan D1-IV-AT-STH, F2-II-TD-STH, dan S1-V-LP-STH. Ketiga satuan lahan tersebut memiliki karakteristik topografi dan tanah yang berbeda namun memiliki pola erosi yang sama. Sebagian besar lahannya memiliki laju erosi

0,01 – 10 ton/ha/tahun dan pada batas satuan lahan erosi yang terjadi lebih besar dari 160 ton/ha/tahun.

Secara umum penerapan sistem penggunaan lahan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses erosi di lahan. Penggunaan lahan berupa pertanian pada lereng miring hingga terjal seperti yang diterapkan pada satuan lahan S1-V-LP-STH dan S1-V-LP-TGL dapat mengakibatkan proses erosi terjadi secara intensif (kelas erosi tinggi). Laju erosi pada kedua satuan lahan tersebut terlihat cukup ekstrim dengan nilai dominan lebih dari 160 ton/ha/tahun. Penerapan sistem penggunaan lahan yang sama sebenarnya juga dilakukan pada satuan lahan satuan lahan S2-VI-LS-TGL dan D1-IV-AT-STH, namun pada kedua penggunaan lahan tersebut tidak terjadi erosi sebesar satuan lahan dengan kode awal V-LP (lihat Tabel 1). Hal ini disebabkan karena perbedaan pengaruh topografi dan karakteristik tanah. Ditinjau berdasarkan karakteristik tanahnya, kode satuan lahan V-LP merupakan satuan lahan yang paling rentan terhadap erosi. Kerentanan tersebut terlihat dari nilai erodibilitas tanah pada alur dan anta alur dasar yang dimiliki tanah *Lithic Ustipsamment* relatif lebih besar dari pada jenis tanah lainnya. Kondisi lahan paling rentan terhadap erosi tersebut diperparah dengan diterapkannya penggunaan lahan berupa sawah tadah hujan.

Penggunaan lahan untuk pertanian paling aman diterapkan pada wilayah datar. Hal ini disebabkan karena topografi yang cenderung datar tidak rentan terhadap erosi. Kondisi satuan lahan yang menerapkan sistem pertanian di wilayah datar ditunjukkan pada Gambar 8. Gambar tersebut menunjukkan bahwa lahan yang relatif terbuka, namun bentukan erosi lebih kecil dibandingkan dengan penerapan penggunaan lahan pertanian di lahan miring.

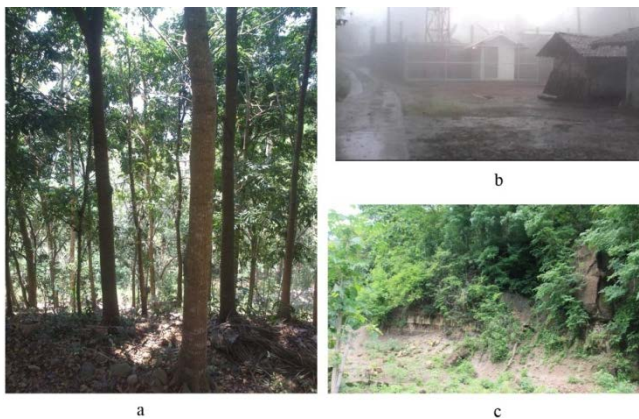


Gambar 8. Penggunaan lahan sawah irigasi pada wilayah datar

Penggunaan lahan yang baik dalam menahan laju erosi adalah kebun campuran, belukar, dan permukiman. Satuan lahan yang memiliki penggunaan lahan tersebut cenderung masuk dalam kelas erosi rendah dan sedimentasi

rendah. Hal ini disebabkan karena ketiga penggunaan lahan mampu untuk menahan kontak antara percikan hujan dan aliran permukaan dengan lahan. Namun demikian ketiga penggunaan lahan memiliki kekurangan masing-masing untuk diterapkan di DAS. Kekurangan dari penggunaan lahan kebun campuran dan belukar adalah pada nilai ekonomi. Masyarakat masih beranggapan bahwa penggunaan lahan berupa pertanian musiman memiliki nilai ekonomi paling tinggi.

Penggunaan lahan permukiman memiliki kekurangan pada segi hidrologi. Meskipun permukiman mampu menahan erosi di lahan karena tertutupnya sebagian besar lahan oleh rumah dan jalan, tetapi limpasan permukaan dan tetesan air hujan tidak mampu terinfiltrasi dengan baik sehingga terjadi pembentukan aliran permukaan dalam jumlah besar. Aliran permukaan yang terbentuk dalam jumlah besar pada permukiman dapat menyebabkan terjadinya erosi pada lahan di hilir. Gambar 9a menunjukkan kondisi penggunaan lahan kebun campuran yang berada di lahan miring. Gambar 9b menunjukkan permukiman yang sebagian besar lahan tertutup rumah, jalan, dan halaman yang diperkeras mengakibatkan proses infiltrasi terganggu. Gambar 9c menunjukkan belukar kerapatan tinggi pada salah satu lahan di DAS Jono.



Gambar 9. Penggunaan lahan yang mampu menahan laju erosi di DAS Jono

Berdasarkan peta persebaran laju erosi di DAS Jono, terlihat adanya perubahan laju erosi yang tegas di batas satuan lahan. Seperti halnya erosi yang terjadi di satuan lahan satuan lahan F2-II-TD-STH. Satuan lahan tersebut berada pada topografi landai, memiliki jenis tanah *Typic Haplustepts* yang memiliki erodibilitas tanah rendah baik pada alur maupun area antar alur,

dan memiliki penggunaan lahan sawah tadah hujan. Berdasarkan karakteristiknya, laju erosi pada satuan lahan tersebut seharusnya rendah. Namun hasil prediksi menunjukkan terdapat lahan yang memiliki laju erosi lebih besar dari 160 ton/ha/tahun di batas antara satuan lahan tersebut dengan satuan lahan S1-V-LP-PMK dan satuan lahan D1-IV-AT-STH.

Perubahan laju erosi yang tegas disebabkan oleh adanya aliran permukaan. Lintasan aliran permukaan di DAS tidak dipengaruhi oleh satuan lahan melainkan topografi dan relief mikro. Apabila aliran permukaan yang terbentuk di hulu besar maka lahan yang ada di hilir dapat berpotensi terjadi erosi lebih besar, terlebih ketika aliran permukaan tersebut tidak membawa beban sedimen. Proses erosi di dalam satuan lahan akan kembali normal ketika kapasitas pengangkutan sedimen aliran permukaan tersebut sudah berkurang. Hal ini yang menyebabkan erosi di batas satuan lahan cenderung besar daripada area di sekitarnya.

Uraian di atas menunjukkan bahwa besar erosi di DAS Jono tidak hanya dipengaruhi oleh karakteristik satuan lahan melainkan juga dipengaruhi oleh posisi satuan lahan terhadap satuan lahan lain. Karakteristik satuan lahan memberikan pengaruh internal berupa respon lahan terhadap tenaga penyebab erosi sedangkan posisi antar satuan lahan memberikan pengaruh bersifat eksternal seperti penambahan suplai aliran permukaan dari satuan lahan di hilirnya dan penambahan hasil sedimen yang berpengaruh pada kapasitas pengangkutan sedimen.

Uji Validasi GeoWEPP

Validasi hasil prediksi laju erosi dilakukan dengan menggunakan uji statistik PMARE. Data observasi erosi yang digunakan sebagai pembandingan adalah data erosi alur dan erosi area antar alur rata-rata yang dihitung pada 34 titik sampel. Lokasi sampel ditentukan menggunakan metode *purposive sampling* tanpa mengabaikan proporsi jumlah sampel pada setiap kelas laju erosi. Di setiap titik sampel, peneliti melakukan pengukuran erosi dari bentukan alur dan *armour layer* (Stocking dan Muraghan, 2000) sebanyak 2 hingga 3 kali yang kemudian dirata-rata untuk mendapatkan data laju erosi (observasi).

Perbandingan data observasi dengan data prediksi menunjukkan bahwa selisih antara data

observasi dengan data prediksi relatif bervariasi. Sebanyak 14 sampel ditemukan nilai observasi lebih besar daripada nilai prediksi. Sebanyak 13 sampel ditemukan nilai prediksi lebih besar daripada nilai observasi. Sebanyak 7 sampel ditemukan nilai observasi sama dengan nilai prediksi. Uji statistik dilakukan dengan dua skenario yaitu: 1). Uji statistik yang membandingkan prediksi GeoWEPP dengan observasi lapangan mencakup seluruh data (34 sampel), 2). Uji statistik tanpa memasukkan data yang berada pada kelas erosi lebih besar dari 160. Skenario kedua dilakukan karena berdasarkan hasil prediksi GeoWEPP terdapat nilai yang terlampaui besar (mencapai 37.359 ton/ha/tahun) yang dipastikan laju erosi tersebut tidak terjadi di lahan. Hasil uji statistik disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil uji PMARE

Skenario seluruh data	$\sum_{i=1}^{34} \frac{(o-p)}{o}$	18,77
	100/jumlah data (34)	2,94
	PMARE (%)	55,21%
Skenario tanpa data pada kelas >160 ton/ha/tahun	$\sum_{i=2} \frac{(o-p)}{o} + \sum_{i=30} \frac{(o-p)}{o} + \sum_{i=34} \frac{(o-p)}{o}$	5,25
	100/jumlah data (29)	3,44
	PMARE (%)	18,2 %

Sumber: Hasil analisis(2015)

Hasil uji statistik PMARE untuk skenario pertama menunjukkan Indeks PMARE untuk pengujian ini sebesar 55,21%. Klasifikasi Indeks PMARE menunjukkan bahwa nilai 55,21% masuk dalam kategori tidak memuaskan. Buruknya hasil prediksi erosi ini disebabkan karena terdapat nilai $|o - p|$ (selisih antara nilai observasi dengan nilai prediksi) relatif besar pada kelas erosi lebih besar dari 160 ton/ha/tahun. Selisih nilai observasi dengan prediksi yang besar terjadi pada sampel 1 dan sampel 3.

Hasil uji statistik PMARE untuk skenario kedua menunjukkan hasil yang lebih baik daripada skenario pertama. Indeks PMARE untuk skenario kedua adalah 18,2%. Angka tersebut menunjukkan bahwa prediksi GeoWEPP memberikan hasil cukup baik. Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa model GeoWEPP cukup baik untuk digunakan dalam prediksi erosi sebesar 0 – 160 ton/ha/tahun di DAS Jono namun belum

memberikan hasil baik untuk prediksi erosi yang lebih besar dari 160 ton/ha/tahun.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian mengenai aplikasi GeoWEPP untuk prediksi erosi di Daerah Aliran Sungai Jono adalah sebagai berikut:

1. Hasil prediksi menunjukkan bahwa laju erosi rata-rata di DAS Jono sebesar 85,9 ton/ha/tahun. Penyumbang erosi terbesar di DAS Jono adalah lahan yang berada pada lereng timur membentang hingga ke barat daya. Lahan tersebut memiliki erosi yang besar karena terletak pada lereng erosi dan diperburuk keadaannya oleh pemanfaatan lahan sebagai lahan pertanian. Secara visual memang karakteristik lahan yang paling berperan dalam mempengaruhi proses erosi di DAS Jono adalah vegetasi dan pengelolaan lahan. Ditinjau secara umum persebaran erosi di DAS Jono memiliki pola yang sama dengan pola persebaran satuan lahan. Hal tersebut disebabkan karena di dalam satu satuan lahan terdapat satu karakteristik topografi, tanah, vegetasi, dan pengelolaan lahan. karakteristik tersebut yang menyebabkan erosi. Selain karakteristik satuan lahan, asosiasi antar satuan lahan berpengaruh terhadap erosi di satuan lahan tertentu. hal tersebut disebabkan oleh aktivitas aliran permukaan. Aliran permukaan yang terbentuk di hulu dapat mempengaruhi erosi lahan di hilir. Seperti halnya erosi, pembentukan aliran permukaan juga dipengaruhi oleh karakteristik lahan.
2. Berdasarkan uji kualitas prediksi erosi GeoWEPP menggunakan analisis Indeks PMARE, GeoWEPP memiliki kualitas cukup baik dalam memprediksi erosi dengan rentang 0 – 160 ton/ha/tahun, namun buruk untuk prediksi erosi lebih dari 160 ton/ha/tahun. Secara umum, kurang optimalnya prediksi GeoWEPP di DAS Jono disebabkan karena ketersediaan data yang dibutuhkan untuk prediksi relatif sedikit sehingga menurunkan kualitas prediksi.

DAFTAR PUSTAKA

Alberts, E., E. Nearing, Weltz, L., M. Risse, F. B. Pierson, X. C. Zhang, J. M Laflen, and J. R. Simatron (1995). WEPP: Soil Component. <http://www.ars.usda.gov/Research/docs.htm?docid=18073>

Ali, M.H. and I.Abustan, (2014). A new novel index for evaluating model performance. *Journal of Natural Resources and Development* 2014, 04, 1-9.

Arsyad, S. (1989). *Konservasi Sumberdaya Tanah dan Air*. Bogor: Penerbit IPB.

Blanco, H. and Rattan Lal (2008). *Principles of Soil Conservation and Management*. Kansas: Springer.

Hardjowigeno, S., dan Widiatmaka (2011). *Evaluasi Kesesuaian Lahan dan Perencanaan Tataguna Lahan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Morgan, R.P.C. (2005). *Soil Erosion and Conservation*, 3rd edition. Malden: Blackwell Science, Ltd.

Murtiono, U. H. (2009). Kajian Ketersediaan Air Permukaan pada Beberapa Daerah Aliran Sungai (Studi Kasus di SubDAS Temon, Wuryantoro, Alang, dan Keduang). *Forum Geografi, Vol 23 No 1, Juli 2009, 11-24*.

Renschler, C. S. (2003). Designing Geo-Spatial Interfaces to Scale Process Models: The Geowepp Approach. *Hydrological Processes*, 17(5), 1005-1017.

Seyhan, E. (1990). *Dasar Dasar Hidrologi*, Soenardi P. (ed). Yogyakarta: UGM Press.

Stocking, M. and N. Murnaghan (2000). *Land degradation – Guidelines for field assessment*. Norwich: University of East Anglia.

Wischmeier, W. H. and Smith, D.D. 1978. *Predicting rainfall erosion losses-a guide to conservation planning*, U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 537.