

Kelompok Bidang: Ekowisata dan Jasa Lingkungan, Sosek Kehutanan, Pemanfaatan SIG & Remote Sensing, Hasil Hutan Bukan Kayu dan Teknologi Kehutanan

Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk Pendugaan Erosi di Wilayah DAS Sekampung Hulu

Oleh

Siruan Masru Hudi¹, Slamet Budi Yuwono², dan Arief Darmawan³

Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung

Jln.Prof. Dr.Sumatri Brojonegoro No 1 Gedung Meneng Bandar Lampung. 35145

siruan.mas10@gmail.com

ABSTRAK

DAS Sekampung merupakan DAS prioritas 1 di Provinsi Lampung yang penting untuk diperhatikan dan diperbaiki kualitas tata air serta penggunaan lahannya, terutama pada daerah hulunya. Dampak perubahan penggunaan lahan pada DAS Sekampung Hulu yaitu terjadinya erosi, karenanya pendugaan nilai besaran erosi penting dilakukan untuk menentukan rencana perbaikan penggunaan lahan/ rehabilitasi hutan dan lahan. Tujuan dari penelitian ini yaitu Menduga besaran erosi yang terjadi pada DAS Sekampung Hulu dengan menggunakan metode USLE (Universal Soil Loss Equation) berbasis GIS (Geographic Information System). Metode yang digunakan berbasis spasial (GIS) dengan rumus USLE yaitu dengan mengalikan faktor curah hujan (R), Jenis tanah (K), panjang dan kemiringan lereng (LS), kemudian vegetasi penutup tanah dan faktor tindakan konservasinya (CP). Hasil erosi pada DAS Sekampung Hulu rata-ratanya yaitu sebesar 91,48 ton/ha/tahun, dengan klasifikasi tingkat bahaya erosi (TBE) rata-ratanya masih sangat tinggi pada beberapa penggunaan lahan, sehingga perlu dilakukan perbaikan penggunaan (tutupan) lahan untuk mengurangi erosi yang terjadi pada DAS Sekampung Hulu.

Kata Kunci: *Daerah Aliran Sungai, Metode USLE, Erosi, GIS*

ABSTRACT

Sekampung watershed is the 1st priority watershed in Lampung Province that is important to be considered and improved its water system quality and land use, especially in the upstream area. The impact of land use changes on the Upstream watershed is the occurrence of erosion, therefore the restoration of the erosion value is important to determine the plan for land use improvement / forest and land rehabilitation. The purpose of this study is to estimate the amount of erosion that occurs in the Watershed Upstream by using the USLE (Universal Soil Loss Equation) GIS-based method (Geographic Information System). The method used is spatial-based (GIS) with the USLE formula by multiplying the rainfall factor (R), soil type (K), slope length and slope (LS), then vegetation soil cover and its conservative action factor (CP). Erosion results in the upstream watershed are on average 91.48 tons / ha / year, which is classified into erosion hazard level (TBE) average is still very high in some land uses, so it is necessary to improve land use (cover) to reduce erosion that occurred in the Sekampung Hulu watershed.

Keywords: *Watershed, USLE Method, Erosion, GIS*

PENDAHULUAN

Dampak yang sering terlihat jika terjadi perubahan penggunaan lahan yaitu erosi (Banuwa, 2008). Erosi merupakan peristiwa pindahnya atau terangkutnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat ke tempat lain oleh media alami tertentu seperti air, angin dan sebagainya (Arsyad, 2010). Erosi dapat menimbulkan kerusakan baik pada tanah tempat terjadi erosi maupun pada tempat tujuan akhir tanah yang terangkut tersebut diendapkan. Kerusakan pada tanah tempat erosi (*on site*) pada bagian hulu berupa penurunan sifat-sifat kimia dan fisik tanah. Sedangkan pada tempat tujuan akhir (*off site*) hasil erosi akan menyebabkan sedimentsi/ pendangkalan sungai, waduk, situ/danau, serta fluktuasi debit sungai (Purnama, 2008).

Erosi menjadi isu utama dalam pengelolaan DAS dan pembangunan di wilayah Indonesia, erosi juga merupakan suatu peristiwa yang menjadi tanda terjadinya degradasi lahan dan penyebab menurunnya produktivitas lahan (Edward *et al.*, 2015). Mengetahui besarnya erosi yang terjadi di suatu wilayah merupakan kegiatan yang penting karena dapat menjadi salah satu cara untuk mencari sebuah solusi dari permasalahan tersebut. Hasil pendugaan erosi pada suatu DAS dapat digunakan sebagai dasar pengelolaan DAS dan penetapan kebijakan dalam hal penggunaan lahan (Asdak, 2007).

Prediksi erosi dapat dilakukan secara langsung maupun tidak langsung yaitu melalui model prediksi/pendugaan erosi (A'yunin, 2008). Metode yang sering digunakan untuk memprediksi erosi adalah persamaan/pendugaan *Universal Soil Loss Equation* (USLE). Persamaan ini merupakan model pendugaan erosi yang telah banyak digunakan untuk menghitung besarnya erosi yang terjadi dalam jangka waktu yang panjang pada suatu daerah. Metode USLE mempunyai kelebihan, yaitu proses pengolahan datanya yang sederhana, sehingga mudah dihitung dengan analisis spasial menggunakan alat bantu program komputer (*software*) *Arcgis* (Indrawati, 2000). Nilai erosi yang diperoleh dari pendekatan USLE selanjutnya dapat dipergunakan untuk menduga laju erosi yang terjadi pada suatu wilayah dan menentukan klasifikasi tingkat bahaya erosi, sehingga untuk mencegah kerusakan lahan akibat erosi dapat dihindari sedini mungkin dengan teknik-teknik konservasi lahan. Tujuan dari penelitian ini adalah menduga besaran erosi yang terjadi pada DAS Sekampung Hulu dengan menggunakan metode *USLE* berbasis *GIS*.

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November sampai bulan Desember 2020. Lokasi penelitian ini pada DAS Sekampung Hulu Kabupaten Tanggamus dan Pringsewu, Provinsi Lampung.

B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Laptop, kamera, GPS (*Geographycal Position System*), Android, dan software pendukung meliputi *arcGIS* 10.3, *Google Earth*, *Microsoft excel* serta alat pendukung lainnya. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan di DAS Way Sekampung Hulu

yang diambil pada kurun waktu 10 tahun terakhir yang bersumber dari BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika), BPDAS (Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai), BBWS (Balai Besar Wilayah Sungai) tahun 2009-2018, data K (Erodibilitas) tanah dari penelitian sebelumnya, data perhitungan nilai LS/ kelerengan, data CP/ penggunaan lahan, dan data RTk RHL BPDASHL WSS, serta peta RBI (Rupa Bumi Indonesia) berupa peta DAS Sekampung, administrasi wilayah/ RBI, peta jenis tanah, peta penggunaan lahan dari Ditjen PKTL (Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan) Kementerian LHK Tahun 2019, peta topografi, peta kemiringan lahan dengan format shapefile (SHP).

C. Metode Pelaksanaan Analisa Spasial

Pertama menentukan batas daerah penelitian di DAS Sekampung Hulu, kemudian membuat *polygon thiessen* untuk menentukan curah hujan tiap wilayah pos hujan dan menentukan nilai erosivitasnya (R), lalu mengolah data SHP peta penggunaan lahan (CP) dan peta erodibilitas tanah (K), selanjutnya mengubah peta R, K, dan CP yang masih berbentuk vector menjadi data raster. Memasukan rumus persamaan USLE ke dalam raster kalkulator untuk penghitungan prediksi erosi, lalu membandingkannya dengan nilai TSL pada *atribut table* dan menentukan kelas bahaya erosi yang dapat terjadi sesuai kriteria pada P.60/2014. Terakhir membuat *layout* peta hasil pendugaan erosi pada DAS Sekampung Hulu.

D. Analisis Data

Pendugaan besarnya erosi dapat dihitung dengan menggunakan rumus persamaan USLE berikut:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

Keterangan :

A : banyaknya tanah tererosi (ton/ha/th)

R : faktor erosivitas hujan (MJ.cm/ha.jm/th)

K : faktor erodibilitas tanah (ton.ha.jam/ha.MJ.cm)

L : faktor panjang lereng (m)

S : faktor kecuraman lereng (%)

C : faktor vegetasi penutup tanah dan pengelolaan tanaman

P : faktor tindakan-tindakan khusus konservasi tanah (Wischmeier dan Smith, 1978 dalam Banuwa, 2013).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Indeks Erosivitas Hujan (R)

Data curah hujan dihitung nilai erosivitas hujannya dengan rumus Bols (1978) dan diperoleh nilai erosivitas di 5 pos hujan yang berbeda yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan rata-rata erosivitas hujan tahunan

No.	Nama Pos Hujan	Jumlah curah hujan tahunan (mm)	Rata-rata erosivitas (MJ/cm)
1	Air Naningan	8484,01	1414,00
2	Muara Dua	14298,41	1429,84
3	Pajaresuk	13065,35	1306,53
4	Panutan	15234,58	1523,45
5	Way Jaha	11580,52	1158,05

Sumber : BPDAS (2020)

Besarnya erosivitas hujan sangat dipengaruhi oleh jumlah hujan, hal ini sesuai dengan pernyataan dari Asdak (2010) yang menyatakan apabila jumlah intensitas hujan tinggi maka potensi terjadinya aliran permukaan dan erosi akan semakin tinggi. Semakin besar nilai erosivitas hujan di suatu *catchmen area* tersebut, maka kemampuan air hujan untuk menghancurkan agregat tanah semakin kuat. Hujan yang jatuh akan mengisi ruang pori makro akibatnya laju infiltrasi akan terhambat dan limpasan permukaan semakin meningkat (Widianto,dkk. 2014, dalam Taslim, 2019).

Indeks Erodibilitas Tanah (K)

Erodibilitas tanah (K) menyatakan kepekaan suatu tanah terhadap erosi, nilai erodibilitas tanah ditentukan oleh ketahanan tanah terhadap daya rusak dari luar (Utomo,1999 dalam Taslim, 2019). Berdasarkan analisis peta jenis tanah dari BPDAS, Sub DAS Sekampung Hulu terdiri dari jenis tanah *Dystropepts*, *Humitropepts* dan *Tropodult*. Masing-masing memiliki nilai K yaitu *Dystropepts* sebesar 0,29 lalu *Humitropepts* sebesar 0,29 dan *Tropodult* sebesar 0,19.

Nilai Erodibilitas tanah (K) diperoleh dari penelitian Banuwa (2008), yang menunjukan nilai K di DAS Sekampung Hulu. Semakin tinggi nilai erodibilitas tanahnya maka nilai erosinya juga akan semakin tinggi. Kepekaan tanah terhadap erosi ditentukan oleh ketahanan tanah terhadap daya rusak dari luar terutama air hujan dan limpasan, serta kemampuan tanah untuk menyerap air (Utomo, 1994). Perbedaan nilai K juga disebabkan oleh adanya perbedaan sifat tanah.

Indeks Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Wilayah DAS Sekampung Hulu berdasarkan peta kelerengan (LS) dapat dikategorikan ke dalam 5 kelas kelerengan lahan, yaitu 0-8% datar, 8-15% landai, 15-25% agak curam, 25-45% Curam, >45% Sangat Curam. Nilai panjang dan kemiringan lereng (kelerengan) di sekampung hulu diperoleh dari data DEM SRTM yang diolah menggunakan *arcgis* menghasilkan kelerengan suatu

Berdasarkan analisis data DEM menggunakan software *arcgis* diperoleh data luasan masing-masing kemiringan lahan di sekampung hulu pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Nilai Kelereng DAS Sekampung Hulu

Kelas	Kemiringan Lereng (%)	Panjang Lereng (L)	Kemiringan Lereng (S)	Nilai LS
I	0-8 (datar)	1,167	0,439	0,51
II	8-15 (landai)	1,167	1,159	1,35
III	15-25 (agak curam)	1,167	3,058	3,57
IV	25-45 (curam)	1,167	5,395	6,29
V	>45 (sangat curam)	1,167	11,031	12,87

Dalam menentukan panjang lereng dalam meter dan kemiringan lereng (*slope*) dari data DEM dihitung menggunakan rumus pada *raster calculator* di aplikasi Arcgis kemudian dikalikan menggunakan rumus sehingga menghasilkan nilai LS pada setiap *grid cell* yang dapat dikasifikasikan ke dalam 5 kelas di kawasan Sekampung Hulu. Kemiringan lereng yang lebih curam akan menyebabkan erosi lebih besar, panjang lereng juga mempengaruhi besarnya erosi. Semakin panjang suatu lereng akan semakin banyak volume tanah yang terbawa oleh aliran permukaan (Taslim, 2019).

Indeks Vegetasi Penutup Lahan dan Konservasi Tanah (CP)

Faktor vegetasi penutup tanah dan pengelolaan tanaman (C) dan faktor tindakan-tindakan khusus konservasi tanah (P) sangat berpengaruh terhadap erosi yang terjadi. Berdasarkan analisis peta penggunaan lahan pada sub DAS Sekampung Hulu diketahui bahwa lahan pertanian lahan campur sangat mendominasi di wilayah DAS Sekampung Hulu dengan luas 66.107,46 Ha. yang terdiri dari tanaman pisang, kopi, beberapa jenis pohon, semangka, dan tanaman pertanian lainnya.

Kemudian nilai CP nya sebesar 0,2 diperoleh dari penelitian Banuwa (2008), dan penggunaan lahan lainnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Nilai CP Sub DAS Sekampung Hulu

No	Penggunaan Lahan	Nilai CP	Luas (Ha)
1	Belukar	0,05	3201,83
2	Hutan Lahan Kering Sekunder	0,005	7396,33
3	Pemukiman	0,95	1916,61
4	Pertanian Lahan Kering	0,43	616,57
5	Pertanian Lahan Kering Campur	0,2	66107,46
6	Sawah	0,02	1746,34

Faktor tutupan lahan terutama vegetasi penutup tanah mempunyai peran yang cukup baik untuk pencegahan erosi tanah akibat air hujan yang langsung jatuh ke permukaan tanah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hardjowigeno (2003) yang mengatakan bahwa vegetasi sangat berpengaruh terhadap erosi, karena vegetasi menghalangi air hujan agar tidak jatuh langsung di permukaan tanah, sehingga kekuatan untuk menghancurkan agregat tanah sangat berkurang (Handayani, S., 2020).

Pendugaan Nilai Erosi dengan USLE

Nilai erosi dapat dihitung dengan metode USLE dengan mengalikan atribut nilai erosivitas hujan (R), erodibilitas tanah (K), Panjang dan kemiringan lereng (LS) dan penggunaan lahan serta tindakan konservasinya (CP) menggunakan software ArcGIS. Hasil perhitungan Erosi di DAS Sekampung Hulu dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Erosi pada Sub DAS Sekampung Hulu

No	Penggunaan Lahan	Kelerengan lahan									
		Datar		Landai		Agak Curam		Curam		Sangat Curam	
		Luas (Ha)	Kelas Erosi	Luas (Ha)	Kelas Erosi	Luas (Ha)	Kelas Erosi	Luas (Ha)	Kelas Erosi	Luas (Ha)	Kelas Erosi
1	Belukar	342,26	SR	661,07	SR	934,86	S	900,16	ST	363,48	ST
2	Hutan Lahan Kering Sekunder	299,20	SR	850,27	SR	1911,80	SR	2926,81	SR	1408,24	SR
3	Pemukiman	1734,57	R	174,03	ST	8,01	ST	-	-	-	-
4	Pertanian Lahan Kering	40,75	SR	122,99	ST	158,87	ST	214,96	ST	79,00	ST
5	Pertanian Lahan Kering Campur	22523,45	SR	20274,21	R	15180,82	ST	6860,39	ST	1268,60	ST
6	Sawah	1580,12	SR	104,65	SR	41,06	SR	9,40	R	-	-

Ket :

- SR : Sangat Rendah
- R : Rendah
- S : Sedang
- ST : Sangat Tinggi

Berdasarkan tabel perhitungan erosi tersebut dapat dilihat bahwa lahan pertanian lahan kering erosinya rata-rata sangat tinggi kecuali pada daerah yang datar, begitupula dengan lahan pertanian lahan kering campur juga sangat tinggi kecuali di daerah yang datar dan landai. Erosi yang terjadi di lahan yang datar rata-rata sangat rendah kecuali pada pemukiman. Pada lereng yang curam dan sangat curam rata-rata erosinya sangat tinggi kecuali pada lahan sawah dan hutan lahan kering sekunder.

Tingginya erosi disebabkan oleh intensitas hujan yang tinggi dan kemudian langsung menjadi limpasan/ air larian, hal tersebut disebabkan oleh beberapa faktor seperti kemiringan lereng dan vegetasi penutup/ tutupan lahan. Hal ini sesuai dengan penelitian Asdak (2014) yang menyatakan semakin besar kemiringan lereng suatu DAS akan mempercepat laju air larian sehingga laju erosi juga akan semakin cepat.

Tutupan vegetasi/ penggunaan lahan juga mempengaruhi besarnya air limpasan /erosi (Salim, 2019), jika semakin sedikit strata tajuk atau bahkan tidak ada tajuk/tutupan lahan sama sekali maka air hujan akan langsung mengenai tanah sehingga lapisan agregat tanah sangat mudah terlepas dan ikut menjadi limpasan yang akhirnya memperbesar erosi yang terjadi.

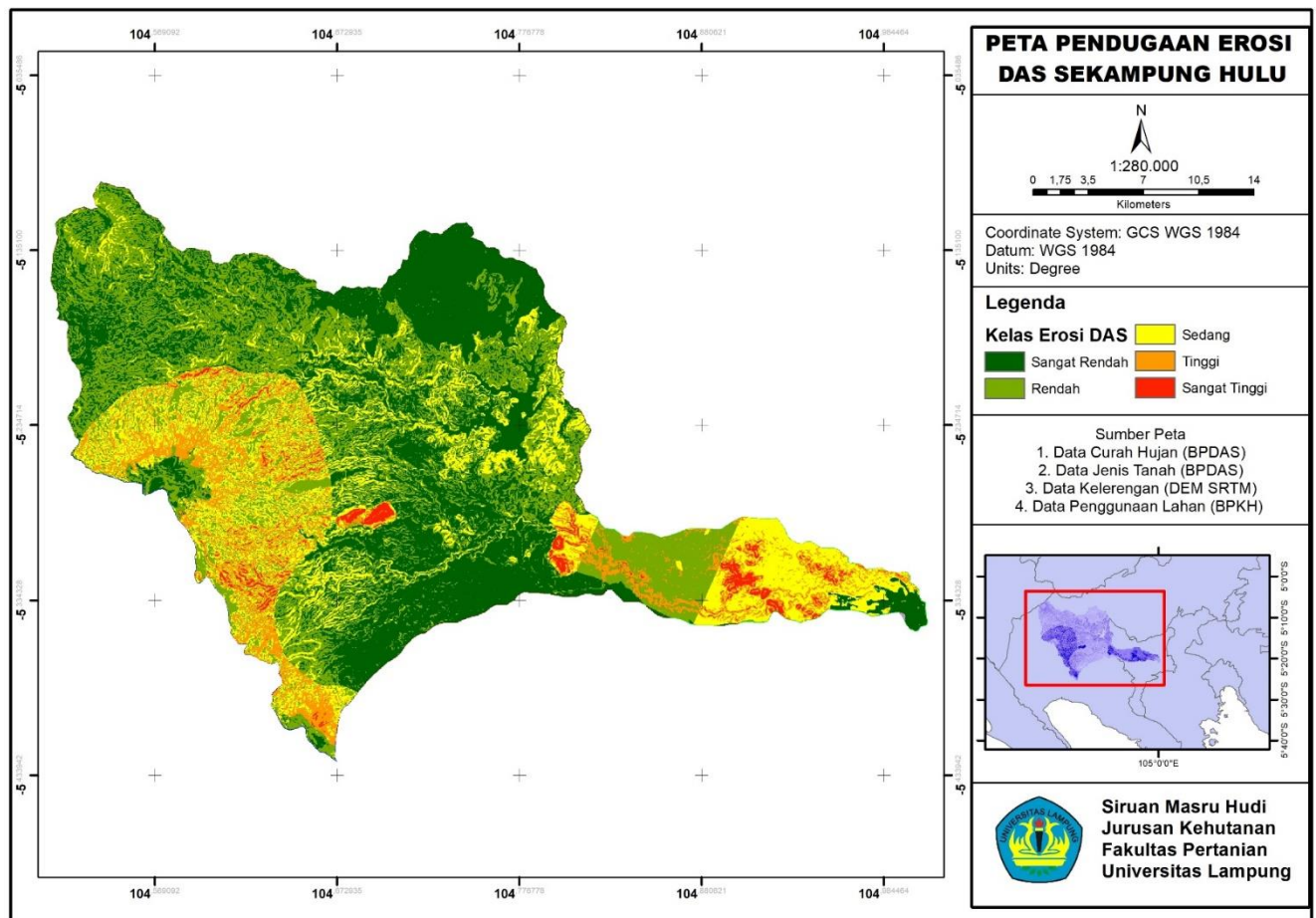
Kasifikasi tingkat bahaya erosi dapat ditentukan dengan menghitung perbandingan erosi actual dengan erosi yang dapat ditoleransi/ *Tolarable Soil Loss* (TSL). Nilai TSL menggunakan hasil dari penelitian Banuwa (2008) yang menyatakan nilai TSL untuk pendugaan erosi yaitu sebesar 38,7. Hasil perhitungan kelas bahaya erosi di Sub DAS Sekampung Hulu dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Klasifikasi Indeks Bahaya Erosi DAS Sekampung Hulu

Penggunaan Lahan	Rata-rata Erosi	TSL	Luas (Ha)	Rata-rata IE	Kelas Erosi Rata-rata
Belukar	51,96	38,7	3201,83	1,34	Sedang
Hutan Lahan Kering Sekunder	5,92	38,7	7396,33	0,15	Sangat Rendah
Pemukiman	237,75	38,7	1916,61	6,14	Sangat Tinggi
Pertanian Lahan Kering	440,58	38,7	616,57	11,38	Sangat Tinggi
Pertanian Lahan Kering Campur	175,26	38,7	66107,46	4,53	Sangat Tinggi
Sawah	8,25	38,7	1735,22	0,21	Sangat Rendah
Jumlah Total	169,32		82201,26		
Erosi Rata-rata (ton/ha/tahun)	91,48				

Luasan DAS Sekampung Hulu secara umum sebesar 82.201 Ha dan erosi total yang terjadi pada setiap satuan lahan tersebut diperoleh dari nilai erosi aktual dikalikan dengan luasan pada satuan lahan masing-masing. Besarnya erosi pada DAS Sekampung Hulu yaitu jumlah erosi total dibagi dengan luas seluruh DAS hasilnya yaitu 91,48 ton/thn. Hasil ini tidak jauh berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya, yang menandakan tidak banyak terjadi perubahan pada kawasan DAS Sekampung hulu.

Nilai indeks erosi (IE) diperoleh dari nilai erosi aktual dibagi dengan erosi yang dapat ditoleransi/TSL, kemudian IE ini digunakan untuk menentukan indeks bahaya erosi/kelas erosi pada DAS Sekampung Hulu. Penentuan klasifikasi indeks bahaya erosi ini berdasarkan P61 tahun 2014. Jika nilai IE kurang dari sama dengan 0,5 maka kelasnya Sangat rendah, kemudian nilai IE lebih dari 0,5 sampai kurang dari 1 kelasnya rendah, dan seterusnya sampai nilai IE lebih dari 2 maka kelas erosinya sangat tinggi. Kelas erosi ini kemudian menjadi indikator dalam hasil peta penelitian untuk mengetahui besaran erosi yang terjadi pada setiap satuan lahan di DAS Sekampung Hulu. Gambar peta pendugaan erosi DAS Sekampung Hulu dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta klasifikasi tingkat bahaya erosi DAS Sekampung Hulu (*existing Condition*)

Berdasarkan Gambar 1, diketahui bahwa luasan erosi yang terjadi pada DAS Sekampung Hulu, secara rinci dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kelas erosi pada DAS Sekampung Hulu

No	Tingkat Bahaya Erosi	Luasan (Ha)	Dalam Persen
1	Sangat Rendah	32.935,41	40,67 %
2	Rendah	3.558,86	4,39 %
3	Sedang	19.148,43	23,64 %
4	Tinggi	5,32	0,006 %
5	Sangat Tinggi	25.325,98	31,27 %

Berdasarkan Tabel 5, diketahui masing-masing erosi yang terjadi dan juga luasannya, yang mendominasi yaitu erosi yang sangat rendah pada DAS Sekampung Hulu. Indeks bahaya erosi pada Sub DAS Sekampung Hulu cukup bervariasi dari sangat rendah sampai sangat tinggi, klasifikasi ini dapat digunakan untuk menentukan prioritas rehabilitas pada masing-masing satuan lahan. Ini sesuai dengan pernyataan Asdak (2001) yang menyatakan bahwa keberhasilan program konservasi/ rehabilitasi hutan dan lahan, informasi penting yang perlu diketahui salah satunya yaitu informasi indeks bahaya erosi (IBE) pada setiap satuan lahan di DAS tersebut.

Berdasarkan Tabel 4 diketahui bahwa kelas bahaya erosi di DAS Sekampung Hulu cukup bervariasi

mulai dari sangat rendah sampai sangat tinggi. Kategori indeks bahaya erosi di kawasan hutan tergolong sangat rendah karena hutan memiliki tutupan lahan yang rapat serta kemampuan untuk meresap air ke dalam tanah, hal ini sesuai dengan pernyataan Daud (2007) yang menyatakan bahwa hutan merupakan bentuk tutupan lahan yang paling efektif untuk mengurangi terjadinya erosi pada suatu DAS (Handayani, 2020).

Kategori indeks bahaya erosi yang sangat tinggi rata-rata berada pada daerah yang memiliki kemiringan lereng yang curam, karena semakin besar derajat kemiringan lereng suatu lahan akan semakin cepat air mengalir yang disertai tanah yang tererosi. Penggunaan lahan pertanian lahan kering campur juga kebanyakan erosinya cukup besar karena kondisi tutupan lahannya yang didominasi oleh tanaman semusim.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dengan aplikasi ArcGis menggunakan persamaan USLE diperoleh nilai jumlah erosi total di Sub DAS Sekampung Hulu yaitu sebesar 7.408.279,61 ton/tahun, kemudian erosi rata-ratanya sebesar 91,48 ton/ha/tahun. Sedangkan erosi rata-rata pada setiap satuan penggunaan lahan yaitu, belukar sebesar 49,15 ton/ha/tahun, hutan lahan kering sekunder 5,39 ton/ha/tahun, pemukiman 223,29 ton/ha/tahun, pertanian lahan kering 509,52 ton/ha/tahun, pertanian lahan kering campur 143,46 ton/ha/tahun, sawah 5,08 ton/ha/tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. Buku. Serial Pustaka IPB Press. Bogor.
- Asdak, C. 2007. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Buku. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 420p.
- A'yunin Q. 2008. *Prediksi tingkat bahaya erosi dengan metode usle di lereng timur gunung sindoro*. Skripsi. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Banuwa, I. S., Sinukaban, N., Tarigan, S. D. dan Darusman, D. 2008. Evaluasi Kemampuan Lahan DAS Sekampung Hulu. *Jurnal Tanah Tropika* 13(1): 145–153.
- Banuwa, I. S. 2008. *Pengembangan Alternatif Usaha Tani Berbasis Kopi untuk Pembangunan Pertanian Berkelanjutan di DAS Sekampung Hulu*. Desertasi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 134p.
- Daud, S.S. 2007. *Pengaruh Jenis Penggunaan Lahan dan Kelas Kemiringan Lereng Terhadap Bobot Isi, Porositas Total, dan Kadar Air Tanah Pada Sub Das Cikapundung Hulu*. Skripsi. Jurusan Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian Universitas Padjajaran. Jatinagor. 50p.
- Edwards, P. J. 2015. A Primer on Watershed Management. *Journal of Contemporary Water Research and Education*. 154(2): 1-2.
- Handayani, S. 2019. *Pendugaan erosi di sub-sub das khilau sub das Sekampung Hulu das sekampung*. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 46p.
- Indrawati. 2000. *Kajian Erosi DAS Citarum Hulu Terhadap Sedimentasi Waduk Saguling, Jawa Barat*. Skripsi. Jurusan Geofisika dan Meteorologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. IPB. Bogor.

- Munandar, R., Jayanti, D.S. dan Mustafiril, 2016. Pemodelan Intersepsi untuk Pendugaan Aliran Permukaan. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian Agrotechno*. 1(1):62-69.
- Purnama, N. E. 2008. *Pendugaan Erosi dengan Metode USLE (Universal Soil Loss Equation) Di Situ Bojongsari, Depok*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 84p.
- Salim, A.G., Dharmawan, I.S., dan Narendra, B.H. 2019. Pengaruh perubahan luas tutupan lahan hutan terhadap karakteristik hidrologi das citarum hulu. *Jurnal ilmu lingkungan*. 17(2) : 333-340.
- Taslim, R.K., Mandala, M. dan Indarto. 2019. Prediksi Erosi di Wilayah Jawa Timur. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 17(2): 323-332.
- Utomo, W.H. 1994. *Erosi dan Konservasi Tanah*. Buku. IKIP Malang. Malang
- Widianto, A dan Damen, M. 2014. Determination of coastal belt in the disaster prone area: a case study in the coastal area of bantul regency. *Indonesian Journal of Geography*. 46(2):125-137.