

IDENTIFIKASI POTENSI EROSI DAN BESAR SEDIMENTASI PADA DAS KAITI

Bima Saputra¹⁾, Mudjiatko²⁾, Rinaldi²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode 28293

Email : bima.saputra@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Change of land use in the Kaiti watershed will influence to surface flow. This surface flow will increase the potential for land erosion and sediment transport capacity. This will have a major impact on the functional life of the Cipogas Lake reservoir. The USLE method is used to estimate erosion that occurs in watersheds with the help of GIS. GIS is used to predict the size of USLE parameters. The results of the analysis show that erosion occurring in the Kaiti river basin classified as heavy class (>480 Tons/Ha/Year) and the erosion potential that will enter the Kaiti reservoir is 216,273.387 tons/yr.

Keyword:land erosion, USLE method, GIS, Cipogas lake reservoir

PENDAHULUAN

Tata guna lahan merupakan pemanfaatan suatu lahan untuk tujuan tertentu. Tata guna lahan dapat dibedakan menjadi dua yaitu tata guna lahan alami dan tata guna lahan buatan. Tata guna lahan alami merupakan tata guna lahan yang sudah ada sesuai dengan ekosistem yang ada sedangkan tata guna lahan buatan merupakan tata guna lahan yang sengaja dibuat untuk memperoleh tujuan tertentu seperti perkebunan, lahan pertanian, dan lainnya. Dampak positif dari perubahan tata guna lahan yaitu meningkatkan ekonomi suatu daerah yang terkena dampak dari perubahan tersebut, sedangkan dampak negatif dari perubahan tata guna lahan yaitu berkurangnya daerah resapan yang mengakibatkan terjadinya erosi dan sedimentasi pada lahan. Untuk menganalisa berapa besar potensi erosi dan sedimentasi pada DAS Kaiti terhadap Danau Cipogas perlu

dilakukan suatu kajian menggunakan sistem informasi geografis (SIG).

Penelitian dilakukan untuk menganalisa potensi erosi dan sedimentasi pada DAS Kaiti terhadap Danau Cipogas menggunakan sistem informasi geografis (SIG). Sedangkan manfaat yang didapat adalah:

- Memberikan pengetahuan dan pengalaman bagi peneliti dan penerapan materi yang dipelajari saat perkuliahan.
- Sebagai referensi terhadap peneliti terkait.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Erosi

Erosi adalah peristiwa berpindahnya atau terangkutnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat ke tempat lain oleh media alami. Pada peristiwa erosi, tanah atau bagian-bagian tanah pada suatu tempat terkikis dan terangkut yang kemudian diendapkan di tempat lain. Pengikisan

dan pengangkutan tanah tersebut terjadi oleh media alami, yaitu air dan angin.

Erosi adalah proses hilangnya atau terkikisnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat yang terangkut oleh air atau angin ke tempat lain. Tanah yang tererosi diangkut oleh aliran permukaan akan diendapkan di tempat-tempat aliran air melambat seperti sungai, saluran-saluran irigasi, danau, danau atau muara sungai. Hal ini berdampak pada mendangkalnya sungai sehingga mengakibatkan semakin seringnya terjadi banjir pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau (Arsyad, 2010).

Prediksi Laju Erosi dengan Metode USLE

Prediksi erosi merupakan suatu metode untuk memperkirakan laju erosi yang akan terjadi pada suatu lahan. Prediksi erosi dipandang sebagai metode yang efektif dalam menduga erosi daripada melakukan perhitungan erosi secara langsung di lapang. Hal ini dikarenakan dalam memprediksi erosi, proses yang dilakukan tidak membutuhkan waktu yang lama. Selain itu, proses yang dilakukan hanya perlu melakukan pengumpulan dan pengolahan data-data yang relevan.

Metode USLE dalam aplikasinya menggunakan enam faktor. Faktor-faktor tersebut yaitu erosivitas hujan (R), erodibilitas tanah (K), topografi yaitu panjang dan kemiringan lereng (L dan S), vegetasi penutup lahan dan pengelolaan tanaman (C), tindakan khusus konservasi tanah (P). Secara matematis model USLE dirumuskan dalam persamaan (1). (Wischmeier dan Smith, 1978:4).

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (1)$$

Dengan :

- A = Laju erosi tanah (ton/thn)
- R = Erosivitas hujan rata rata pertahun (mm/thn)
- K = Faktor erodibilitas tanah
- LS = Faktor kemiringan dan Panjang lereng
- C = Faktor pengelolaan tanaman
- P = Faktor tindakan konservasi

Erosivitas Hujan (R)

Faktor erosivitas hujan merupakan kemampuan hujan untuk menyebabkan erosi pada lahan. Faktor yang mempengaruhi erosivitas adalah jumlah, intensitas, ukuran butiran dan penyebaran ukuran butiran air hujan yang jatuh. Tingkat erosivitas hujan dapat dihitung dengan persamaan (2). (Bols, 1978).

$$R = 2,21 \times (\text{Rain})^m \quad (2)$$

Dengan :

- R = Indeks erosivitas rata rata per tahun
- (Rain)^m = Curah hujan rata rata tahunan (cm)

Erodibilitas Tanah (K)

Erodibilitas tanah adalah tingkat kepekaan suatu jenis tanah terhadap erosi. Kepekaan tanah terhadap erosi tanah (K) didefinisikan sebagai mudah tidaknya suatu tanah tererosi (Tabel 1).

Tabel 1. Nilai K untuk jenis tanah

No	Jenis Tanah	Nilai K
1	Latosol coklat kemerahan dan litosol	0,43
2	Latosol kuning kemerahan dan litosol	0,36
3	Komplek mediteran dan litosol	0,46
4	Latosol kuning kemerahan dan litosol	0,56
5	Grumusol	0,2
6	Aluvial	0,47
7	Regosol	0,4
8	Latosol	0,31

(Sumber : Kironoto, 2003)

Kemiringan Lereng (LS)

Kemiringan dan panjang lereng adalah dua unsur topografi yang paling berpengaruh terhadap aliran permukaan dan erosi. Unsur lain yang mungkin berpengaruh adalah konfigurasi, keseragaman dan arah lereng. Semakin miring suatu lahan (LS) dan semakin panjang suatu lereng maka erosi akan semakin besar (Tabel 2).

Tabel 2. Nilai LS

No	Kemiringan rata-rata	Nilai LS
1	0 - 8 %	0,4
2	> 8 % - 15 %	1,4
3	> 15 % - 25 %	3,1
4	> 25 % - 45 %	6,8
5	> 45 %	9,5

(Sumber : Arsyad, 1989)

Faktor Penutupan Lahan (CP)

Faktor tanaman penutup lahan dan pengelolaan (C) merupakan faktor yang menunjukkan keseluruhan pengaruh dari faktor vegetasi, seresah dan kondisi permukaan tanah serta pengelolaan lahan terhadap besarnya tanah yang hilang (tererosi).

Nilai P ditentukan berdasarkan Tabel indeks konservasi tanah yang dilakukan. Pada kondisi tidak ada usaha pengendalian erosi, diberikan nilai P sama dengan 1 dan kurang dari 1 untuk penggunaan lahan dengan penanganan secara mekanis (Segel dan Putuhena, 2005 dalam Hasibuan. R, 2009). Sembilan parameter telah ditentukan sebagai faktor yang berpengaruh dalam menentukan besarnya erosi di daerah vegetasi berkayu tersebut

Indeks penutupan lahan (C) dan indeks pengolahan lahan atau tindakan konservasi tanah (P) dapat digabung menjadi factor CP. Tabel 3 menunjukkan Nilai CP untuk berbagai factor penggunaan lahan.

Tabel 3. Nilai CP untuk Berbagai Faktor Penggunaan Lahan

No	Jenis Tata Guna Lahan	CP
		0,0
1	Belukar Rawa	1
		0,0
2	Rawa	1
3	Semak / Belukar	0,3
		0,1
4	Pertanian L.Kering Campur	9
		0,2
5	Pertanian Lahan Kering	8
6	Perkebunan	0,5
		0,9
7	Pemukiman	5
		0,0
8	Hutan L.Kering Sekunder	1
		0,0
9	Hutan Mangrove Sekunder	1
		0,0
10	Hutan Rawa Sekunder	1
		0,0
11	Hutan Tanaman	5
		0,0
12	Sawah	1
		0,0
13	Tambak	01
		0,9
14	Tanah Terbuka	5

(Sumber : Asdak, 1995)

Pendugaan Potensi Erosi

Model pendugaan potensi erosi dapat dilihat dari besaran erosi yang dinyatakan dalam jumlah tanah yang hilang dalam ton perhektar pertahun (ton/ha/thn) yang dapat dihitung dengan formula USLE. Tabel 4 menunjukkan potensi erosi yang diklasifikasikan telah diusulkan oleh Rauf (2011) seperti pada tabel 4 :

Tabel 4. Klasifikasi sebaran erosi

No	Besaran Erosi (ton/ha/thn)	Keterangan
1	< 15	Sangat Rendah
2	15 - 60	Rendah
3	60 - 180	Sedang
4	180 - 480	Berat
5	> 480	Sangat Berat

(Sumber : Rauf, 2011)

Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan suatu sistem komputerisasi yang memiliki kemampuan dalam menangani data bereferensi geografis yaitu pemasukan data, manajemen data (penyimpanan dan pemanggilan kembali), manipulasi dan analisis data, serta keluaran sebagai hasil akhir (*output*). Hasil akhir (*output*) dapat dijadikan acuan dalam pengambilan keputusan pada masalah yang berhubungan dengan geografi (Aronoff, 1989).

Digital Elevation Model (DEM)

Digital Elevation Model (DEM) merupakan bentuk penyajian ketinggian permukaan bumi secara digital. Dilihat dari distribusi titik yang mewakili bentuk permukaan bumi dapat dibedakan dalam bentuk teratur, semi teratur, dan acak. Sedangkan dilihat dari teknik pengumpulan datanya dapat dibedakan dalam pengukuran secara langsung pada objek (terestris), pengukuran pada model objek (fotogrametris), dan dari sumber data peta analog (digitasi).

Teknik pembentukan DEM selain dari Terestris, Fotogrametris, dan Digitasi adalah dengan pengukuran pada model objek, dapat dilakukan seandainya dari citra yang dimiliki bisa direkonstruksikan dalam bentuk model stereo. Ini dapat diwujudkan jika tersedia sepasang citra yang mencakup wilayah yang sama.

Sedimentasi

Sedimentasi yaitu proses pengendapan dari suatu material yang berasal dari angin, erosi air, gelombang laut serta gletser. Material yang dihasilkan dari erosi yang dibawa oleh aliran air dapat diendapkan di tempat

yang ketinggiannya lebih rendah (dalam diyon yudis). Menurut Foster dan Mayer (1977) dalam Jain, K.M, 2010 menyatakan bahwa erosi sebagai penyebab timbulnya sedimentasi yang disebabkan oleh air terutama meliputi proses pelepasan, penghanyutan, pengendapan, dan sedimentasi dari partikel-partikel tanah yang terjadi akibat tumbukan air hujan dan aliran air.

Kapasitas Angkutan Sedimen

Kapasitas angkutan sedimen pada penampang memanjang sungai adalah besaran sedimen yang lewat penampang tersebut dalam satuan waktu tertentu (Ismail Saud, 2008). Kapasitas angkutan sedimen juga dapat diartikan sebagai kemampuan suatu aliran untuk mengalirkan butiran tanah akibat erosi dari suatu daerah ke daerah lainnya berdasarkan dengan jenis vegetasi yang akan dilalui aliran tersebut serta pengaruh kemiringan lerengnya.

Menurut Mayer dan Wischmeier, 1969 dalam Jain Kumar, 2010 menyatakan bahwa angkutan sedimen itu sama dengan besaran erosi tanah yang terjadi pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) yang tergantung pada kapasitas angkutan sedimen yang akan mengalir erosi tersebut, sehingga Mayer dan Wischmeier menggambarkan proses pengaliran erosi tanah dari hulu menuju hilir di setiap sub DAS yang berakhir pada outlet dibagian hilir yang terdekat dengan sungai.

Sediment delivery ratio (SDR)

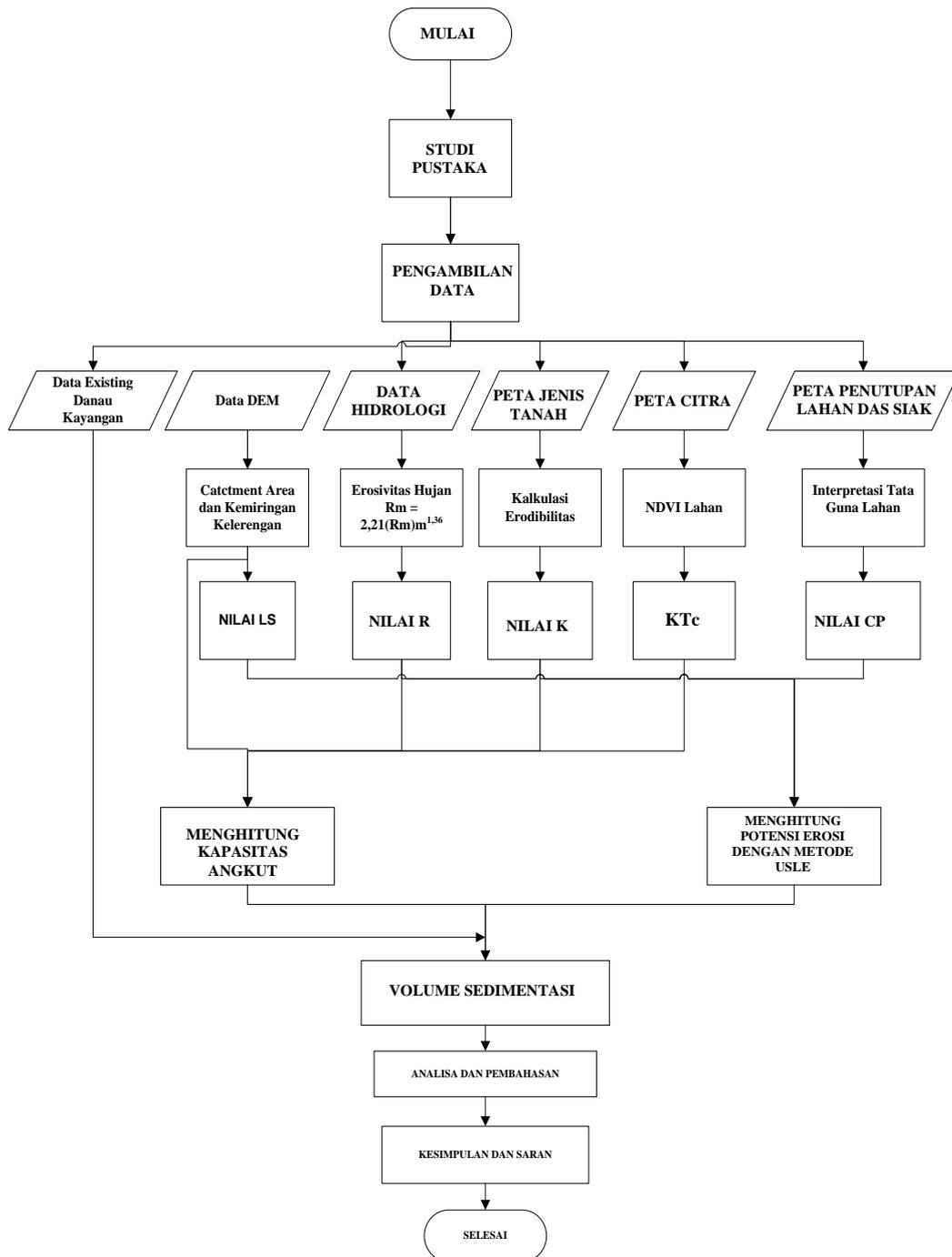
SDR (*Sediment Delivery Ratio*) merupakan rasio perbandingan jumlah sedimen yang terangkut masuk ke dalam badan air/sungai dengan jumlah erosi yang terjadi di hulu DAS. Apabila nilai SDR mendekati satu, artinya semua tanah yang terangkut erosi

masuk kedalam sungai, sebaliknya bila nilai SDR mendekati nol, maka laju erosi pada DAS tersebut sangat kecil dan menunjukkan bahwa DAS tersebut dalam kategori baik. Cara memperkirakan besarnya hasil sedimen dengan menghitung nilai SDR suatu daerah tangkapan air ditentukan berdasarkan hasil analisis tingkat erosi. Ada tiga macam angkutan sedimen yang terjadi di dalam alur sungai (Mulyanto, 2007) yaitu: *Wash load*, *Suspended load*, dan *bed load*.

METODOLOGI

Proses pelaksanaan studi ini pada prinsipnya terbagi dalam tiga bagian yaitu pengumpulan data, pengolahan data/perhitungan, dan keluaran berupa hasil pendugaan erosi dan besar

sadimentasi sebagai rekomendasi pada pihak yang membutuhkan. Langkah-langkah dalam penyelesaian tugas akhir ini dapat dilihat pada bagan alir penelitian pada Gambar 1



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Danau Cipogas yang terletak di Desa Kaiti Kecamatan Rambah Kabupaten Rokan Hulu. Secara geografis Danau Cipogas

terletak pada koordinat $00^{\circ}53'36,92''$ LU dan $100^{\circ}18'10,91''$ BT. Lokasi ini berjarak sekitar ± 164 Km dari Kota Pekanbaru. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2. Lokasi Penelitian

Data

3. Peta penutupan lahan DAS

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Data hidrologi yaitu data curah hujan selama 10 tahun terakhir (2008-2017) dari stasiun hujan Rambah Utama, Kecamatan Rambah, Kabupaten Rokan Hulu.
2. Data Jenis Tanah dari Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Indragiri – Rokan (BPDAS Indragiri – Rokan) tahun 2016.

Kaiti yang diperoleh dari Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Indragiri – Rokan (BPDAS Indragiri – Rokan) tahun 2016.

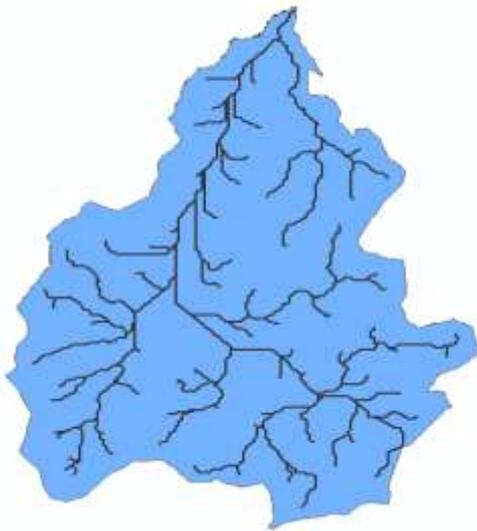
4. Data DEM di unduh dari situs earthexplorer.usgs.gov tahun 2018.
5. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) diunduh dari situs landsatlook.usgs.gov tahun 2017.

Penentuan Nilai Faktor Erosi

Metode USLE adalah model pendugaan erosi dengan dipengaruhi 4 faktor sebagai berikut:

1. *Catchmen Area*

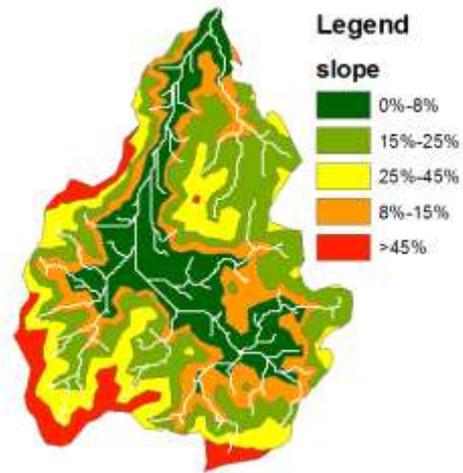
Catchment area diperoleh berdasarkan hasil pengolahan dari peta DEM dengan bantuan aplikasi GIS. Peta DEM diproses menggunakan SIG sehingga didapat arah aliran dan DAS dari Danau Cipogas. Hal yang pertama mengatur sistem koordinat pada UTM > WGS84 > Northern 47N. Setelah data DEM telah direkondisi maka dapat dilakukan penentuan catchment area dengan tool *watershed* seperti pada Gambar 3 Hasil dari tool *watershed*.



Gambar 3. *Catchment Area*

2. Faktor kemiringan Lereng (LS)

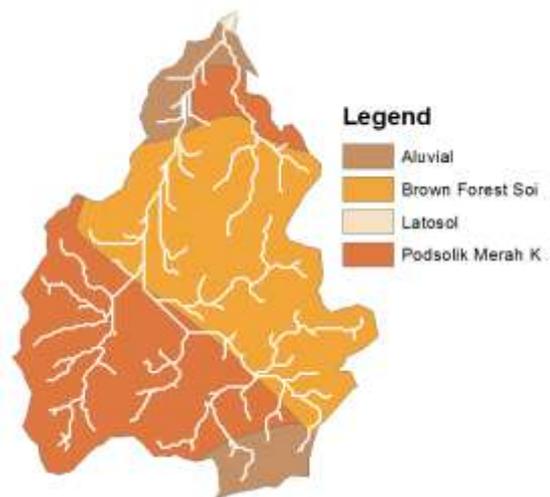
Faktor kemiringan dan panjang lereng (LS) diperoleh berdasarkan pengolahan dari data DEM. Data DEM diproses menggunakan aplikasi SIG sehingga diperoleh peta sebaran kemiringan lereng. Data DEM di potong berdasarkan bentuk dari DAS Kaiti diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta LS

3. Faktor Erodibilitas Tanah (K)

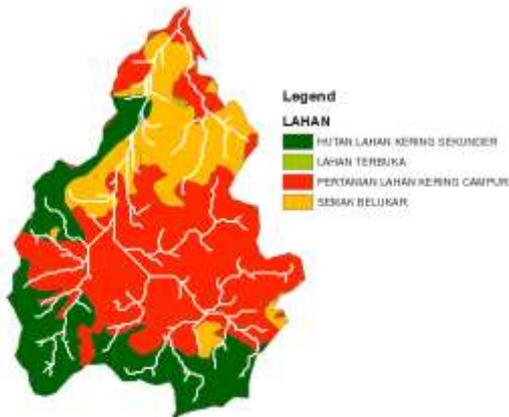
Faktor erodibilitas tanah diperoleh dengan bantuan SIG, dimana peta jenis tanah yang didapat dari BPDAS Kementerian Kehutanan dan Lingkungan Hidup akan di tumpang-tindihkan (*overlay*) dengan peta *catchment area* danau Cipogas. Data jenis tanah ini digunakan untuk menentukan nilai erodibilitas tanah (K) seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Jenis Tanah

4. Faktor Penutupan Lahan (CP)

Nilai faktor penutupan lahan (CP) diperoleh dengan cara menumpang – tindihkan peta penutupan lahan dengan peta DAS Kaiti seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Peta Penutupan Lahan

5. Peta Sebaran Vegetasi

Nilai sebaran vegetasi di peroleh dengan menumpang tindihkan peta DAS dengan Peta sebaran Vegetasi seperti pada Gambar 7.



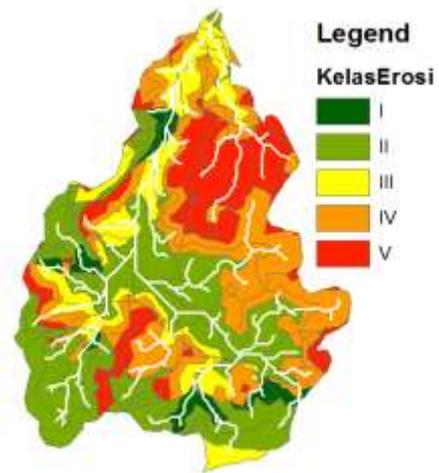
Gambar 7. Peta Sebaran Vegetasi

Wilayah yang mempunyai nilai tingkat kehijauan vegetasi NDVI di bawah 0,2 maka wilayah tersebut sudah keluar dari kelompok vegetasi (karena bisa berupa wilayah perairan

atau tanah bebatuan). Untuk wilayah yang mempunyai NDVI bernilai di atas 0.4, dapat disimpulkan wilayah tersebut merupakan kawasan yang ditutupi hutan yang lebat dan subur

Analisa Erosi Metode USLE

Nilai sebaran erosi diperoleh dengan cara *overlay* seluruh faktor yang mempengaruhi sebaran erosi. Peta sebaran erosi menunjukkan nilai tingkat erosi yang terjadi pada DAS Kaiti. Faktor erosivitas hujan (R), erodibilitas tanah (K), panjang dan kemiringan lereng (LS), dan faktor penggunaan lahan (CP), di *overlay* seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Peta Sebaran Erosi Hasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Faktor Erosivitas Hujan

Hasil dari analisis data hujan bulanan daerah Rokan Hulu selama 10 tahun diperoleh nilai erosivitas hujannya sebesar 1412,593. Nilai erosivitas pada DAS Kaiti ini menunjukkan bahwa hujan yang terjadi pada DAS memiliki potensi ataupun energi yang menyebabkan terjadinya potensi erosi pada lahan.

Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Nilai rata rata faktor erodibilitas tanah pada DAS Kaiti adalah 0,404. Nilai ini menunjukkan bahawa pada DAS Kaiti didominasi jenis tanah *Brown Forest Soil*.

Faktor erodibilitas digunakan untuk melihat kemampuan tanah dapat tererosi. Nilai erodibilitas ditentukan dari nilai rata-rata erodibilitas setiap sub DAS dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai rata rata K

Jenis Tanah	K	Luas (Ha)	Rasio Luas	Nilai Rerata
Aluvial	0.47	204.243	0.105	0.049
Brown Forest Soil	0.43	910.279	0.466	0.200
Latosol	0.31	4.804	0.002	0.001
Podsolik Merah K	0.36	833.134	0.427	0.154
TOTAL		1952.46		
NILAI FAKTOR K RERATA				0.404

Faktor Panjang Kemiringan Lereng

Das Kaiti tergolong kedalam lahan yang memiliki permukaan yang curam dengan nilai kemiringan lereng rerata sebesar 19,260% dengan factor kemiringan lereng rerata sebesar 3,1 yang berada pada interval 15%-25%. Nilai rata-rata LS berdasarkan masing masing interval dapat dilihat pada table 6:

Tabel 6. Nilai rata rata LS

SLOPE	RATA-RATA TENGAH	LUAS (ha)	RASIO TERHADAP LUAS TOTAL	PROPORSI KEMIRINGAN LERENG (%)
0%-8%	4	471.296	0.241	0.966
8%-15%	11.5	409.359	0.210	2.411
15%-25%	20	582.645	0.298	5.968
25%-45%	35	334.810	0.171	6.002
>45%	49.5	154.352	0.079	3.913
TOTAL		1952.460		
KEMIRINGAN LERENG RERATA				19.260
FAKTOR KEMIRINGAN LERENG RATA RATA				3.1

Faktor Penutupan Lahan

Faktor penutupan lahan pada DAS Kaiti didominasi oleh Pertanian Lahan

Kering Campur, dengan nilai rata rata faktor penutupan lahan sebesar 0,164. Perhitungan nilai CP rata - rata diperoleh dengan memproporsikan setiap jenis penutupan lahan sehingga diperoleh nilai rata-rata faktor CP. Nilai CP rata - rata tiap jenis lahan dapat dilihat pada Tabel 7:

Tabel 7. Nilai rata rata CP

Jenis Tata Guna Lahan	CP	Luas (Ha)	Rasio Luas	Nilai CP Rerata
Hutan Lahan Kering Sekunder	0.01	528.447	0.271	0.003
Pertanian Lahan Kering Campur	0.19	1011.258	0.518	0.098
Semak Belukar	0.3	409.648	0.210	0.063
Lahan Terbuka	0.95	3.105	0.002	0.002
TOTAL		1.952.46		
NILAI FAKTOR CP RERATA				0.164

Analisa Sebaran Erosi

Sebaran erosi pada DAS Kaiti dibagi menjadi 5 kelas klasifikasi. DAS Kaiti tergolong kedalam klasifikasi kelas III dengan tingkat erosi sedang, dengan persentase sebesar 28,057%. Rekapitulasi sebaran erosi untuk tiap kelas dapat dilihat pada table 8.

Tabel 8. Rekapitulasi Sebaran Erosi

Kelas Erosi	Tingkat Erosi	Luasan (Ha)	Persentase (%)
I	Sangat Rendah	89,5113	4,58
II	Rendah	353,915	18,126
III	Sedang	547,804	28,057
VI	Berat	462,353	23,680
V	Sangat Berat	498,877	25,551
Total		1952,46	100

Sedangkan untuk klasifikasi dengan tingkat erosi sangat berat dengan persentase sebesar 25,551% terjadi di daerah yang memiliki permukaan yang curam.

Kapasitas Angkutan Sedimen

Angkutan sedimen yang masuk kedalam danau akan mengalami pengendapan. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil perhitungan kapasitas angkutan sedimen tiap subDAS

Sub DAS	K _{tc}	R	A	K	S	T _c (kg/Ha/thm)	T _c (Ton/Thm)
1	1.434	1412.593	450.78	0.416	0.184	486105.560	219128.608
2	1.649	1412.593	105.480	0.36	0.277	108155.1639	11408.21524
3	1.316	1412.593	206.104	0.430	0.150	112302.8872	23146.03062
4	1.441	1412.593	426.060	0.362	0.256	633526.53	269920.60
5	1.646	1412.593	236.060	0.416	0.210	267348.9954	63110.48415
6	1.524	1412.593	527.978	0.422	0.132	409626.0946	216273.3873

KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan erosi dan sedimentasi yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

Erosi yang terjadi pada DAS Kaiti berada pada kelas sedang atau pada erosi kelas III. Karena pada erosi kelas sedang memiliki luasan yang paling besar yaitu 547,804 Ha. Nilai erosi yang masuk ke Danau Cipogas berasal dari subDAS 6 yang memiliki volume sebesar 216.273,3873 Ton/Tahun.

Hasil simulasi rekondisi penutupan lahan menunjukkan penurunan nilai CP yang berdampak pada penurunan erosi dari nilai awal yaitu 105.340,602 Ton/Tahun menjadi 6.460,263 Ton/Tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Rauf,A,dkk. (2011). "Dasar - Dasar Pengelolaan Daerah Aliran Sungai".USU press.Medan
- Aronoff, S. 1989. *Geographic Information System a Management Perspective*. WDL Publication, Ottawa-Canada.
- Arsyad, S. (2010). Konservasi Tanah dan Air. *Institut Pertanian Bogor*.
- Asdak. (2007). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. *Universitas Gajah Mada*.
- Bols, P. 1978. *The Iso-erodent Map of Java and Madura. Report on Belgian Technical Assistance Project ATA 105*. SRI Bogor.
- Foster, G. R., & Meyer, L. D. (1977). Soil erosion and sedimentation by water--an overview. In *ASAE Publication No. 4-77. Proceedings of the National Symposium on Soil Erosion and Sediment by Water, Chicago, Illinois, December 12-13, 1977*.

- Jain,K.M.(2010). *"Estimation of Sedimentasi Yield and Areas of Soil Erosion and Deposition for Watershead Prioritization using GIS and Remote Sensing"*. Indian Institute of Technology,Department of Hydrology, Springer. Indian
- Kironoto. (2003). *Transpor Sedimen*. PPS-Teknik Sipil, Yogyakarta.
- Mulyanto, H. R. (2007). *Sungai Fungsi dan sifat-sifatnya*. *Graha Ilmu*. Yogyakarta.
- Saud, Ismail. (2008). *Prediksi Sedimentasi Kali Mas Surabaya*. Surabaya : STSP-ITS.
- Suripin. (2000). *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. *Andi*.
- Suripin. (2002). *Pengelolaan Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Wischmeier . (1978). *Predicting Rain fall Erosion Losses*. USDA Handbook NO.357. Washington DC.