

# PEMANFAATAN CITRA PENGINDERAAN JAUH UNTUK EKSTRAKSI PARAMETER LAJU EROSI-SEDIMENTASI DI DAERAH ALIRAN SUNGAI GRINDULU, PACITAN

Dessy Ayu Wijayanti  
dessyayuwijayanti@gmail.com  
Totok Gunawan  
totokgunawan@yahoo.com

## ABSTRACT

*Grindulu is one of the river that experienced the phenomenon of sedimentation that causes river capacity decreases and can cause flooding in Pacitan. Surface erosion can be calculated using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Total erosion known based on the prediction of the rate of surface erosion and the erosion on the cliffs and riverbeds. The method used to predict the sedimentation yield is a Sediment Delivery Ratio (SDR). SDR is the approximate ratio of sediment result in a cross-flow with a total erosion in the watershed. The results showed that total erosion that occurs amounted 6,681,104 tons/year. SDR value of Grindulu Watershed is equal to 0.244951. Sedimentation yield, which reached estuary is estimated at 1,636,543 tons/year.*

**Keywords:** *Erosion, Sedimentation, Sediment Delivery Ratio, Remote Sensing*

## INTISARI

Sungai Grindulu merupakan sungai yang mengalami fenomena sedimentasi yang mana menyebabkan kapasitas sungai menurun dan dapat menyebabkan banjir di Kota Pacitan. Erosi permukaan dapat dihitung menggunakan rumus Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Erosi total diketahui berdasarkan hasil prediksi laju erosi permukaan ditambah dengan erosi yang terjadi di tebing dan dasar sungai. Metode yang digunakan untuk memprediksi jumlah hasil sedimen adalah metode Sediment Delivery Ratio (SDR). SDR merupakan perkiraan rasio hasil sedimen di penampang aliran dengan erosi total dari DAS. Hasil penelitian menunjukkan erosi total yang terjadi di DAS Grindulu adalah sebesar 6.681.104 ton/tahun. Nilai SDR DAS Grindulu adalah sebesar 0,244951. Besarnya sedimentasi yang mencapai muara sungai diperkirakan mencapai 1.636.543 ton/tahun.

**Kata kunci:** *Erosi, Sedimentasi, Sediment Delivery Ratio, Penginderaan Jauh*

## I. PENDAHULUAN

Sedimentasi adalah proses pengendapan material yang terangkut oleh aliran air dari bagian hulu akibat dari adanya proses erosi. Sedimen dapat berada di berbagai lokasi dalam aliran, tergantung pada keseimbangan antara kecepatan ke atas pada partikel (gaya tarik dan gaya angkat) dan kecepatan pengendapan partikel (Asdak, 2007). Material yang terangkut oleh aliran air akan tersedimentasi apabila kapasitas debit tidak cukup untuk mempertahankan transpor sedimen (Kodoatie & Sugiyanto, 2002). Material yang tersedimentasi tersebut merupakan material yang memiliki berat dan ukuran yang lebih besar daripada yang lainnya sehingga semakin ke arah hilir material sedimen memiliki ukuran yang semakin kecil daripada di bagian atasnya.

Sedimentasi merupakan salah satu masalah besar yang terjadi di sungai-sungai di Indonesia (Kodoatie & Sugiyanto, 2002). Sedimentasi tersebut menimbulkan pendangkalan badan perairan seperti sungai, waduk, bendungan, atau pintu air dan daerah sepanjang sungai, yang dapat menimbulkan banjir. Sedimentasi dapat mengakibatkan banjir di daerah yang mengalami pendangkalan sungai karena menjadi tempat deposisi material hasil proses erosi. Besarnya sedimentasi akan mengurangi kapasitas saluran sehingga timbul genangan dan banjir di sungai dan tidak menutup kemungkinan terjadi luapan air sungai.

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu wilayah daratan yang dibatasi oleh pemisah alam berupa punggung bukit, yang menerima air hujan

dan mengalirkannya melalui sungai utama menuju muara yang berupa laut atau danau (Arini, 2007). Suatu DAS biasanya dibagi menjadi tiga bagian, yaitu bagian hulu, bagian tengah, dan bagian hilir. Proses erosi dan sedimentasi tidak bisa dilepaskan dari DAS karena proses ini erat kaitannya dengan siklus hidrologi yang berada di dalam suatu DAS.

Daerah Aliran Sungai (DAS) Grindulu merupakan DAS yang paling besar di Kabupaten Pacitan. DAS Grindulu memiliki wilayah yang berada pada 9 kecamatan. Kecamatan-kecamatan yang masuk dalam DAS Grindulu adalah Kecamatan Pacitan, Kebonagung, Arjosari, Tulakan, Punung, Pringkuku, Tegalombo, Nawangan, dan Bandar. DAS Grindulu memiliki luasan kurang lebih 71.518 ha dengan panjang DAS kurang lebih 52 km. Topografi pada DAS Grindulu didominasi oleh topografi yang bergunung (Anonim, 2015). Lebih dari 60% tanah di DAS Grindulu merupakan tanah yang memiliki solum yang tipis dengan jenis tanah litosol. Mudah-mudahan tanah tersebut terkikis pada lapisan topsoil berdampak pada kejadian erosi di DAS Grindulu.

Penginderaan jauh merupakan salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk mengetahui laju sedimentasi di suatu DAS. Penggunaan citra penginderaan jauh dapat menggantikan metode pengukuran langsung di lapangan yang dinilai kurang efisien. Citra penginderaan jauh dinilai lebih efisien karena dapat menghemat waktu dan biaya serta dapat pula digunakan dalam pengambilan data pada tahun-tahun sebelumnya. Contoh citra penginderaan jauh yang dapat digunakan untuk mengetahui laju sedimentasi adalah citra Landsat 8 OLI dan ASTER GDEM. Citra Landsat 8 OLI mempunyai resolusi spasial sebesar 30 meter pada saluran multispektral dan 15 meter pada saluran pankromatik. Citra ini dapat digunakan untuk mengetahui informasi mengenai penutup lahan. Citra ASTER GDEM memiliki resolusi spasial 30 meter dan dapat digunakan untuk mengetahui informasi tentang kelerengan. Beberapa kelebihan yang dimiliki teknologi penginderaan jauh ini masih belum dimanfaatkan secara maksimal dalam bidang ini sehingga diperlukan suatu penelitian yang dapat memanfaatkan teknologi penginderaan jauh tersebut. Berdasarkan latar belakang yang diuraikan di atas maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul "Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh untuk Ekstraksi Parameter Laju Erosi-Sedimentasi di Daerah Aliran Sungai Grindulu, Pacitan".

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- 1) Ekstraksi parameter-parameter yang mempengaruhi laju erosi yang dapat diperoleh dari citra penginderaan jauh.
- 2) Mengetahui besarnya laju erosi dan besarnya sedimentasi di DAS Grindulu menggunakan citra penginderaan jauh.
- 3) Mengetahui akurasi citra penginderaan jauh untuk menghitung laju erosi di DAS Grindulu, Pacitan.

## II. METODE

Penelitian ini menggunakan metode RUSLE untuk menghitung laju erosi permukaan, asumsi dari besarnya erosi permukaan untuk mengetahui erosi tebing dan dasar sungai, serta metode *Sediment Delivery Ratio* untuk menghitung hasil sedimentasi. RUSLE menggunakan parameter erosivitas, erodibilitas, panjang dan kemiringan lereng, pengelolaan tanaman, serta parameter praktik konservasi tanah. Metode *Sediment Delivery Ratio* menggunakan data laju erosi serta asumsi nilai erosi tebing dan dasar sungai tersebut untuk mengetahui hasil sedimen. Tahapan-tahapan untuk menghasilkan keluaran berupa hasil sedimen di outlet tersebut antara lain:

### 1. Preprocessing citra

Citra Landsat 8 OLI perlu dilakukan koreksi radiometri untuk menghilangkan kesalahan pada nilai pantulan objek setiap pikselnya. Selain itu, koreksi geometri juga perlu dilakukan agar setiap objek memiliki koordinat yang sesuai dengan koordinat sebenarnya di lapangan. Citra ASTER GDEM perlu dilakukan koreksi geometri agar memiliki koordinat yang sesuai dengan citra Landsat 8 OLI. Koreksi geometri pada citra ASTER GDEM dapat dilakukan dengan cara koreksi geometri image-to-image dengan citra Landsat 8 OLI yang telah terkoreksi sehingga koordinat lokasi pada kedua citra menjadi tepat bertampalan. Kedua citra, baik citra Landsat 8 OLI maupun citra ASTER GDEM perlu dipotong sesuai dengan batas DAS yang akan diteliti untuk meringankan proses yang akan dilakukan selanjutnya.

### 2. Ekstraksi informasi

Tahapan ekstraksi informasi meliputi:

- a. Informasi yang dapat diekstraksi dari citra Landsat 8 OLI meliputi informasi tentang penutup lahan. Penutup lahan tersebut didapat dengan klasifikasi supervised. Klasifikasi supervised dilakukan dengan cara menentukan training area sebagai area sampel untuk kemudian dilakukan proses klasifikasi berdasarkan sampel tersebut.

- b. Lereng dapat diturunkan dari citra ASTER GDEM menjadi informasi kemiringan lereng dan panjang lereng.
- c. Faktor praktik konservasi tanah didapatkan dengan cara menggabungkan antara peta penggunaan lahan dengan peta kemiringan lereng. Hal tersebut dilakukan dengan asumsi bahwa penggunaan lahan dan kemiringan lereng akan mempengaruhi jenis konservasi tanah yang ada di suatu wilayah. Penggunaan lahan yang sama di kemiringan lereng yang berbeda kemungkinan memiliki jenis konservasi tanah yang berbeda. Hasil dari pengolahan tersebut kemudian dicek di lapangan untuk mengetahui tingkat akurasi.
- d. Nilai dari faktor erodibilitas tanah didapatkan dari uji laboratorium. Pengambilan sampel tanah di lapangan mengacu pada hasil tumpang susun informasi litologi dan kemiringan lereng pada lokasi kajian. Hasil dari uji laboratorium digunakan untuk menghitung besarnya nilai erodibilitas pada daerah kajian.
- e. Curah hujan diolah menjadi informasi erosivitas.

### 3. Pemodelan

#### a. Erosivitas

Rumus yang dapat digunakan untuk mengetahui erosivitas di lokasi penelitian adalah sebagai berikut (Lenvain, tt; dalam Asdak, 2010):

$$R = 2,21 \times P^{1,36}$$

Keterangan:

R = Indeks erosivitas

P = Curah hujan bulanan (cm)

#### b. Erodibilitas

Setiap jenis tanah memiliki kemampuan untuk tererosi yang berbeda-beda sehingga tiap jenis tanah memiliki nilai erodibilitas yang berbeda pula. Erodibilitas dipengaruhi oleh empat faktor, yaitu tekstur tanah, struktur tanah, bahan organik, dan permeabilitas tanah. Nilai erodibilitas ini digunakan bersama-sama dengan nilai faktor erosi lainnya untuk menghasilkan laju erosi tiap tahun di DAS Grindulu. Perhitungan nilai erodibilitas dilakukan dengan menggunakan persamaan yang dikemukakan oleh Weischmeier. *et al* (1971) sebagai berikut:

$$K = \frac{1,292 \times M^{1,14} (10^{-4}) \times (12 - a) + 3,25 \times (b - 2) + 2,5 \times (c - 3)}{100}$$

Dimana :

M = ukuran partikel (% pasir sangat halus + % debu x (100-% liat)

a = kandungan bahan organik (% C x 1,724)

b = harkat struktur tanah

c = harkat permeabilitas tanah

% pasir sangat halus = 30 % dari pasir (Sinukaban dalam Sinulingga,1990)

#### c. Panjang dan kemiringan lereng

Rumus yang dapat digunakan untuk mendapatkan informasi tentang panjang dan kemiringan lereng adalah:

$$LS = \left( \frac{[flow\ accumulation\ x\ cell\ size]}{22,13} \right)^m \times \left( \frac{\sin\ slope}{0,0896} \right)^{1,3}$$

Keterangan:

Nilai m bergantung pada kemiringan lereng, dimana:

m = 0,5; untuk kemiringan lereng >5%

m = 0,4; untuk kemiringan lereng 3,5% - 5%

m = 0,3; untuk kemiringan lereng 1% - 3%

m = 0,2; untuk kemiringan lereng < 1%

#### d. Pengelolaan tanaman dan konservasi tanah

Indeks pengelolaan tanaman yang didapatkan berdasarkan klasifikasi supervised memiliki nilai yang berbeda-beda sesuai dengan penggunaan lahannya. Selain itu, praktik konservasi juga mempengaruhi nilai konservasi lahan. Baik parameter pengelolaan tanaman maupun konservasi tanah memiliki nilai yang berbeda-beda setiap jenisnya dan mempengaruhi laju erosi.

### 4. Perhitungan erosi total

Erosi total dihasilkan dari penjumlahan besarnya erosi permukaan serta erosi tebing dan dasar sungai. Parameter-parameter yang digunakan untuk membangun model RUSLE diproses menggunakan perangkat lunak berbasis raster untuk kemudian menghasilkan informasi laju erosi permukaan. Berikut adalah klasifikasi laju erosi.

Laju Erosi (ton/ha/tahun)	Kelas
0 - 15	1
15 - 60	2
60 - 180	3
180 - 480	4
>480	5

(Sumber: Departemen Kehutanan, dalam Utomo, 1994)

Rumus RUSLE yang digunakan untuk mengetahui laju erosi permukaan adalah sebagai berikut.

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

Keterangan:

- A = Laju erosi rata-rata tahunan (ton/ha/th)
- R = Indeks erosivitas
- K = Indeks erodibilitas
- LS = Indeks panjang dan kemiringan lereng
- C = Indeks pengelolaan tanaman
- P = Indeks konservasi praktis

Asumsi nilai erosi tebing dan dasar sungai menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$G = A + (10\% - 25\% \times A) \quad (4)$$

Dimana :

G = Erosi total

A = Erosi permukaan yang diprediksi menggunakan rumus RUSLE

### 5. Perhitungan hasil sedimentasi

Perkiraan hasil sedimen dihasilkan dengan menggunakan data erosi total dan nilai SDR yang sesuai dengan DAS yang diteliti. Rumus SDR yang digunakan untuk mengetahui laju sedimentasi adalah rumus yang dikembangkan oleh Renfro pada tahun 1975. Rumus SDR yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$SDR = 1,7935 - 0,14191 \log (A)$$

Dimana:

SDR = *Sediment Delivery Ratio*

A = Luas Das (km<sup>2</sup>)

Hubungan antara erosi lahan, angkutan sedimen dan sediment delivery ratio dapat diformulasikan sebagai berikut.

$$SY = SDR \times G$$

Dimana :

SY = Hasil Sedimen (ton/ha/tahun)

SDR = *Sediment Delivery Ratio*

G = Erosi total (ton/ha/tahun)

### III. PEMBAHASAN

#### a. Indeks Erosivitas

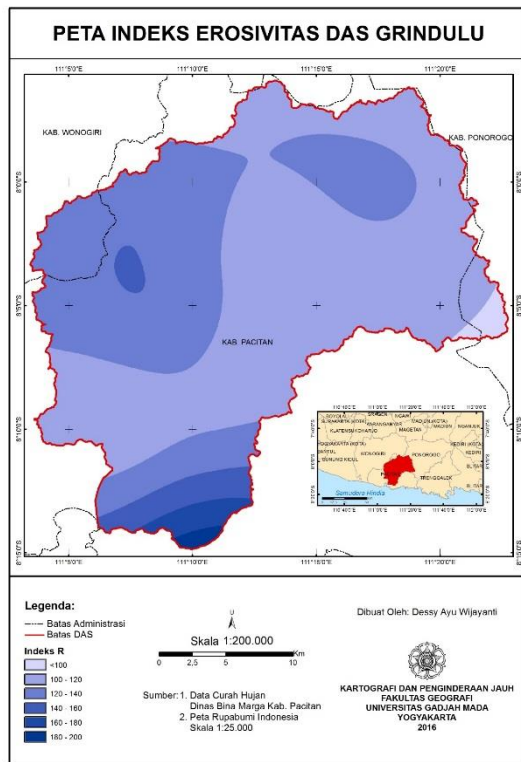
Erosivitas didapatkan dengan cara mengolah data curah hujan di lokasi penelitian yang kemudian dimasukkan ke dalam rumus erosivitas sehingga diketahui nilai erosivitas yang ada di lokasi penelitian. Data curah hujan yang diolah adalah data

selama 10 tahun, yaitu data dari tahun 2005 hingga tahun 2014. Dari lima belas stasiun hujan yang berada di dalam DAS dan di luar DAS Grindulu, nilai curah hujan rata-rata yang paling kecil adalah 133,96 mm/bulan yang tercatat di stasiun Purwantoro, sedangkan nilai curah hujan rata-rata paling tinggi adalah 231,28 mm/bulan yang tercatat di stasiun Kebonagung. Kelima belas stasiun tersebut memiliki curah hujan rata-rata bulanan yang perbedaannya tidak terlalu signifikan. Tabel di bawah menunjukkan curah hujan rata-rata bulanan di setiap stasiun pengamatan hujan.

Nama Stasiun	CH Rata-Rata (cm)
Donorojo	168,52
Punung	181,81
Pringkuku	184,08
Pacitan	183,98
Kebonagung	231,28
Arjosari	191,32
Nawangan	189,28
Bandar	188,11
Tegalombo	172,24
Tulakan	187,24
Ngadirojo	164,10
Sudimoro	179,92
Kerti	182,78
Tahunan	184,10
Purwantoro	133,96

(Sumber: Dinas Bina Marga Kab. Pacitan dan [www.bpsda-solo.jatengprov.go.id](http://www.bpsda-solo.jatengprov.go.id))

Berdasarkan rumus Lenvain dan pemodelan menggunakan Spline, nilai erosivitas yang ada di lokasi penelitian berkisar antara 92,571 – 192,982. Nilai erosivitas yang tinggi cenderung berada di bagian hilir DAS, sedangkan nilai erosivitas yang rendah cenderung berada di bagian hulu DAS dan bagian tengah DAS. Perbedaan nilai erosivitas pada lokasi kajian mempengaruhi adanya perbedaan laju erosi pada wilayah tersebut. Semakin besar nilai erosivitas akan berdampak pada semakin tingginya laju erosi. Hal tersebut disebabkan karena curah hujan yang tinggi dan adanya limpasan dari air hujan dapat mengangkut lapisan tanah bagian atas sehingga mengakibatkan erosi. Gambar di bawah menunjukkan peta persebaran nilai erosivitas di lokasi penelitian.



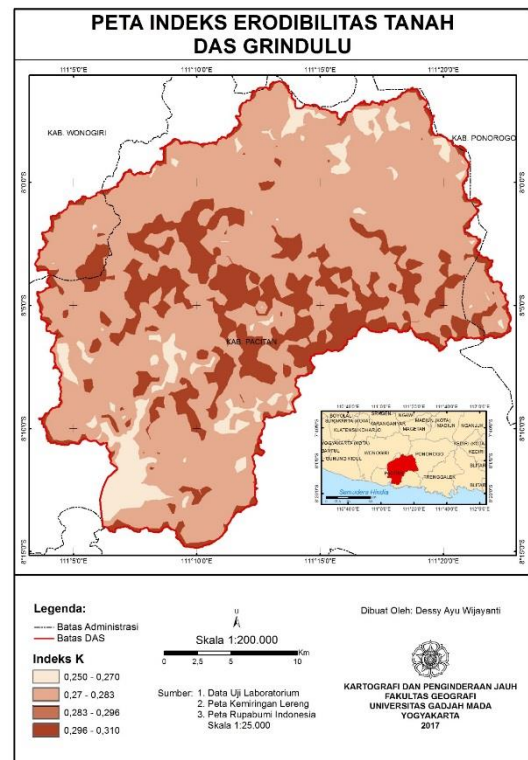
### b. Indeks Erodibilitas

Erodibilitas merupakan kemampuan tanah untuk tererosi. Semakin tinggi nilai erodibilitas di suatu wilayah maka semakin tinggi pula kemungkinan tanah pada wilayah tersebut untuk tererosi. Erodibilitas dipengaruhi oleh faktor-faktor fisik tanah. Faktor-faktor tersebut adalah faktor tekstur tanah, kandungan bahan organik pada tanah, struktur tanah, dan permeabilitas tanah.

Hasil uji tanah di laboratorium digunakan untuk mengetahui persentase tekstur tanah dan bahan organik pada setiap titik sampel. Hasil tersebut digunakan untuk mengetahui nilai erodibilitas pada setiap titik sampel. Hasil dari nilai erodibilitas di setiap titik sampel diinterpolasi untuk mendapatkan nilai erodibilitas di seluruh wilayah kajian. Indeks erodibilitas dihitung berdasarkan persamaan yang dikembangkan oleh Weischmeier, et al (1971). Persamaan ini menggunakan empat parameter yang mempengaruhi nilai erodibilitas. Keempat parameter tersebut adalah tekstur tanah, struktur tanah, permeabilitas tanah, dan kandungan bahan organik.

Berdasarkan hasil interpolasi, nilai erodibilitas pada lokasi penelitian memiliki nilai yang bervariasi. Nilai tersebut berada pada rentang 0,2465 – 0,3093. Sebagian besar bagian hulu DAS Grindulu memiliki indeks erodibilitas yang cukup tinggi yaitu memiliki nilai erodibilitas pada rentang 0,2663 – 0,2826, sedangkan bagian tengah dan hilir memiliki indeks erodibilitas yang rendah. Akan tetapi pada sebagian

hulu DAS Grindulu memiliki indeks erodibilitas yang rendah. Gambar di bawah menunjukkan peta erodibilitas tanah DAS Grindulu.

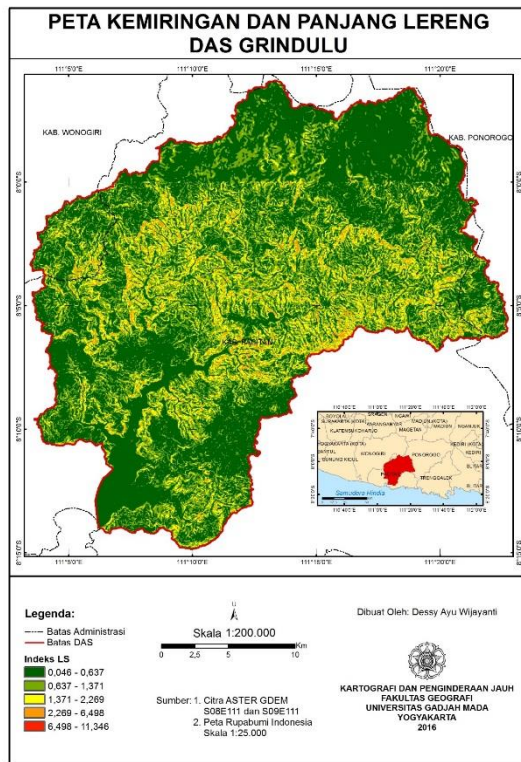


### c. Indeks Panjang dan Kemiringan Lereng

Kemiringan dan panjang lereng sangat erat kaitannya dengan erosi dan sedimentasi di suatu DAS. Proses terjadinya transportasi material hasil erosi dan juga proses pengendapan material tersebut dipengaruhi oleh adanya kemiringan dan panjang lereng. Erosi terjadi di DAS yang memiliki lereng yang miring yang kemudian material hasil erosi diangkut oleh air yang mengalir pada suatu saluran. Material hasil erosi tersebut kemudian terendapkan pada wilayah yang datar atau cekungan yang sering disebut dengan proses sedimentasi.

Indeks kemiringan lereng dihitung berdasarkan indeks kemiringan lereng dimana semakin curam kemiringan lereng maka indeks kemiringan lereng juga semakin besar. Hal tersebut berkaitan dengan kecepatan dan aliran permukaan untuk menuruni lereng dan mengangkut tanah hasil proses erosi. Semakin curam suatu lereng maka erosi yang terjadi akan lebih besar, sebaliknya, semakin landai suatu lereng maka erosi akan lebih kecil. Sedangkan pada daerah yang datar menjadi tempat akumulasi dari hasil erosi.





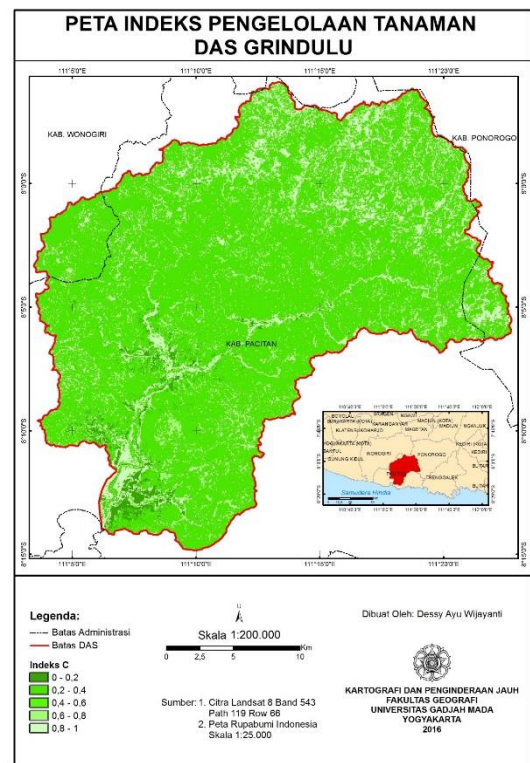
Gambar di atas menunjukkan peta indeks panjang dan kemiringan lereng DAS Grindulu. Berdasarkan perhitungan menggunakan rumus panjang dan kemiringan lereng, indeks panjang dan kemiringan lereng memiliki rentang nilai antara 0,046-11,345. Kemiringan lereng berbanding lurus dengan besarnya indeks panjang dan kemiringan lereng. Semakin curam lereng yang ada di daerah penelitian, indeks panjang dan kemiringan lerengnya juga semakin besar. Sebaliknya, semakin landai lereng, maka indeks dan panjang lereng akan semakin kecil. Indeks panjang dan kemiringan lereng yang besar terletak pada bagian hulu dan tengah DAS yang memang didominasi oleh kemiringan lereng yang cukup curam. Pada bagian hilir dan sebagian hulu dari DAS Grindulu memiliki panjang dan kemiringan lereng yang kecil karena daerah tersebut didominasi oleh daerah dengan kemiringan lereng yang landai.

#### d. Indeks Pengelolaan Tanaman

Penutup lahan digunakan untuk menggantikan faktor pengelolaan tanaman karena citra penginderaan jauh, terutama citra Landsat 8 tidak dapat digunakan untuk ekstraksi informasi yang detail seperti pengelolaan tanaman. Metode klasifikasi yang digunakan untuk pemetaan penutup lahan ini adalah menggunakan klasifikasi multispektral *supervised*. Klasifikasi *supervised* merupakan klasifikasi dimana user mempunyai peranan dalam menentukan kelas yang akan

dibentuk oleh software sehingga kelas yang terbentuk sesuai dengan keinginan user.

Berdasarkan peta penggunaan lahan hasil klasifikasi multispektral didapatkan indeks pengelolaan tanaman di daerah penelitian. Nilai dari indeks pengelolaan tanaman didasarkan pada klasifikasi Pusat Penelitian Tanah. Indeks pengelolaan tanaman memiliki rentang nilai  $>0 - 1$  dimana semakin mendekati 0 maka pengelolaan tanaman pada daerah tersebut semakin bagus. Sebaliknya, semakin mendekati nilai 1 maka tanaman yang ditanam pada daerah tersebut kurang sesuai dengan tindakan pengurangan erosi. Sebagian besar daerah penelitian didominasi oleh hutan produksi dan juga kebun kerapatan sedang yang memiliki indeks pengelolaan tanaman sebesar 0,2. Gambar di bawah menunjukkan peta indeks pengelolaan tanaman DAS Grindulu.

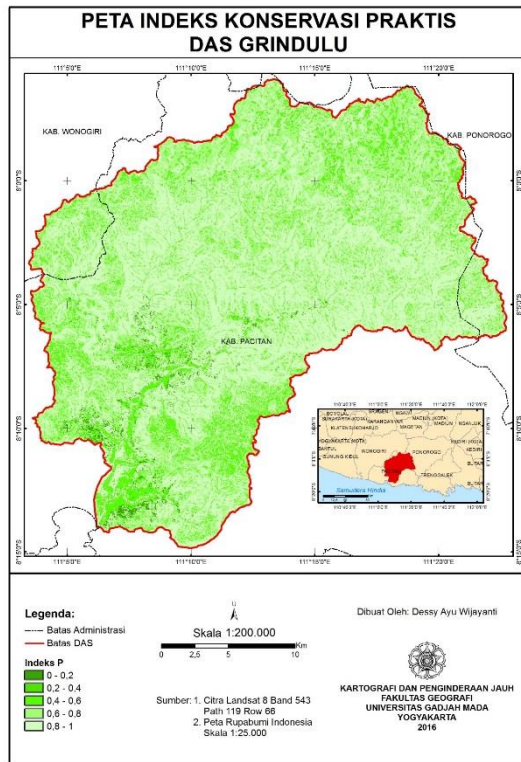


#### e. Indeks Konservasi Lahan

Konservasi praktis merupakan salah satu parameter yang berpengaruh pada laju erosi di suatu DAS. Konservasi praktis digunakan untuk mengurangi dampak erosi yang terjadi. Daerah dengan kemiringan lereng yang curam membutuhkan konservasi lahan sehingga erosi yang terjadi pada daerah tersebut dapat diminimalisir.

Hasil dari *overlay* penggunaan lahan dan kemiringan lereng digunakan untuk menentukan nilai dari konservasi lahan. Hasil *overlay* memiliki indeks yang berbeda-beda dan memiliki rentang nilai  $0 - 1$ . Semakin mendekati 0 maka konservasi lahan

tersebut semakin bagus untuk mengurangi dampak erosi. Sebaliknya, semakin mendekati 1 maka konservasi tersebut kurang bagus untuk mengurangi dampak erosi. Peta indeks konservasi lahan dapat dilihat pada gambar di bawah.

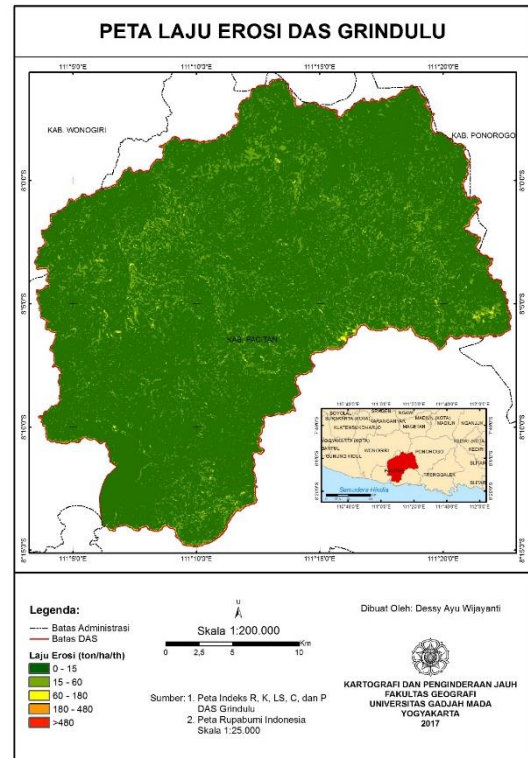


Pada peta terlihat bahwa indeks konservasi lahan di DAS Grindulu didominasi oleh nilai yang cenderung tinggi. Hal tersebut disebabkan sebagian besar DAS Grindulu didominasi oleh penggunaan lahan berupa kebun dan hutan. Di lapangan, penggunaan lahan tersebut tidak memiliki jenis konservasi lahan tertentu. Tanaman yang kebanyakan berupa tanaman berkayu ditanam mengikuti kemiringan lereng yang ada pada daerah tersebut. Begitu pula dengan penggunaan lahan berupa lahan terbangun dan lahan terbuka. Kedua jenis penggunaan lahan tersebut tidak memiliki konservasi lahan jenis tertentu. Penggunaan lahan berupa sawah dan tegalan banyak memanfaatkan konservasi jenis *contour cropping* dan juga teras bangku sehingga indeks konservasi lahan pada kedua penggunaan lahan tersebut lebih tinggi daripada penggunaan lahan lainnya.

#### f. Laju Erosi

Parameter erosititas, erodibilitas, panjang dan kemiringan lereng, pengelolaan tanaman, serta konservasi praktis sebagai penentu laju erosi yang dihasilkan baik melalui pengolahan citra, data lapangan, maupun data sekunder diolah menggunakan rumus RUSLE sehingga menghasilkan peta laju erosi permukaan DAS

Grindulu. Pada rumus tersebut, setiap parameter dianggap memiliki bobot yang sama dalam mempengaruhi terjadinya erosi di DAS Grindulu. Hasil dari overlay parameter-parameter tersebut adalah sebaran laju erosi dengan rentang nilai antara 0,0066 – 601 ton/ha/tahun. Hasil tersebut di-reclassify sesuai dengan pengkelasan tingkat laju erosi untuk mempermudah dalam visualisasi hasil laju erosi.



Pada peta terlihat bahwa DAS Grindulu didominasi oleh laju erosi dengan rentang nilai 0 – 15 ton/ha/tahun sebesar lebih dari 53% dari total luas DAS Grindulu. Kelas laju erosi yang rendah ini ditemukan menyebar di seluruh bagian DAS, terutama pada bagian hilir DAS yang didominasi oleh kemiringan lereng yang landai. Kelas 2 dengan laju erosi 15 – 60 ton/ha/tahun ditemukan di sebagian DAS Grindulu, terutama pada bagian hulu. Luas laju erosi kelas 2 ini memiliki luas sekitar 31% dari total luas DAS Grindulu. Kelas 3, 4, dan 5 dengan laju erosi >60 ton/ha/tahun hanya ditemukan pada sekitar 14% dari total luas DAS Grindulu. Laju erosi >60 ton/ha/tahun tersebut menyebar hampir di seluruh bagian DAS dengan kemiringan lereng yang cukup curam. Jumlah perkiraan erosi yang terjadi di DAS Grindulu selama satu tahun adalah 5.344.883 ton. Perkiraan jumlah erosi ini tidak dapat divalidasi karena tidak adanya data sekunder yang mendukung.

Erosi tebing sungai dan dasar sungai tidak dapat dihitung menggunakan rumus RUSLE. Rumus tersebut hanya dapat digunakan untuk menghitung erosi permukaan yang ada di daerah penelitian. Akan

tetapi, erosi tebing sungai dan dasar sungai dapat mencapai angka 10 – 25% dari jumlah erosi permukaan yang terjadi di suatu DAS. Perhitungan erosi tebing dan erosi dasar sungai pada penelitian ini menggunakan erosi permukaan sebagai acuan dalam mengetahui erosi tebing sungai dan dasar sungai. Nilai ini hanya merupakan nilai perkiraan karena keterbatasan peneliti dalam melakukan penelitian sehingga peneliti tidak dapat mengukur erosi yang terjadi pada saluran sungai secara langsung. Hasil perhitungan erosi tebing dan erosi dasar sungai menghasilkan nilai sebesar 1.336.221 ton/tahun. Nilai tersebut merupakan nilai sebesar 25% dari erosi permukaan. Angka 25% diambil karena erosi yang terjadi di saluran sungai, terutama erosi tebing cukup intensif terjadi pada saat terjadi banjir dengan debit yang besar. Apabila debit aliran kecil maka kemungkinan terjadi erosi tebing sungai cukup kecil.

g. Hasil sedimentasi

Sedimentasi terjadi karena adanya erosi yang terjadi di suatu DAS. Fenomena erosi dan sedimentasi tidak dapat dihilangkan dari siklus di bumi. Akan tetapi erosi dan sedimentasi dapat dikendalikan dengan penanganan-penanganan tertentu, misalnya dengan praktik konservasi lahan yang benar, atau dengan pengendalian pemanfaatan lahan yang sesuai dengan kondisi di lapangan. Sedimentasi terjadi di daerah yang berbentuk cekungan, di saluran dimana tenaga air tidak lebih besar dari berat material yang dibawa, atau bisa jadi sedimen tersebut menumpuk di muara sungai.

*Sediment Delivery Ratio* merupakan perkiraan rasio hasil sedimen pada suatu saluran terhadap erosi total yang terjadi di suatu DAS. Erosi total mencakup erosi permukaan dan juga erosi tebing sungai serta erosi dasar sungai. Terdapat banyak rumus yang dapat digunakan untuk menghitung SDR ini, salah satunya adalah rumus yang dibuat oleh Renfro (1975). Rumus ini dapat menghasilkan SDR dengan menggunakan luas DAS sebagai acuan. Penelitian ini menggunakan rumus tersebut karena data yang tersedia adalah data luas DAS.

Berdasarkan hasil perhitungan SDR, nilai SDR di DAS Grindulu adalah sebesar 0,244951. Nilai tersebut berarti bahwa material sedimen sampai di muara sungai adalah sebesar 24,4951% dari total material yang tererosi. Sebesar 75,5049% dari total erosi lainnya mengendap di cekungan-cekungan yang tersebar di seluruh DAS. Nilai ini kemudian digunakan untuk menghitung hasil sedimen yang keluar dari DAS Grindulu. Hasil perhitungan hasil sedimen DAS Grindulu adalah sebesar 1.636.543 ton/tahun. Hasil perkiraan nilai sedimentasi ini tidak

dapat divalidasi karena keterbatasan data yang tersedia.

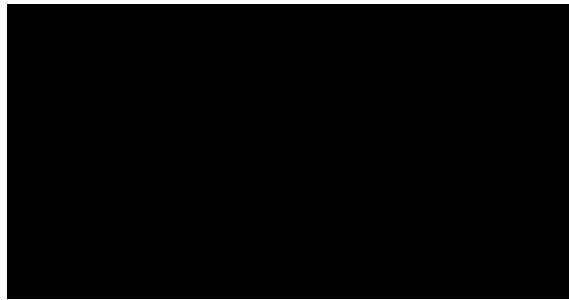
Nilai laju sedimentasi jauh lebih kecil daripada erosi total yang terjadi di DAS Grindulu. Hal ini disebabkan oleh adanya sedimentasi material-material hasil erosi pada cekungan-cekungan sebelum sampai di saluran utama dan mengendap di muara sungai. Material hasil erosi juga dapat tersedimentasi di dasar sungai sepanjang DAS akibat melemahnya tenaga air yang mengangkut material hasil sedimentasi. Berdasarkan penelitian ini, baik laju erosi maupun laju sedimentasi di DAS Grindulu masih dikatakan rendah. Akan tetapi pengendalian terhadap erosi dan sedimentasi tetap harus dilakukan agar laju erosi dan laju sedimentasi tidak meningkat.

h. Tingkat Akurasi Hasil Pengolahan Citra

Hasil dari pengolahan citra penginderaan jauh tidak terlepas dari adanya kesalahan. Kesalahan tersebut dapat terjadi akibat beberapa hal. Hal-hal yang dapat mempengaruhi tingkat akurasi hasil pengolahan citra penginderaan jauh adalah karena adanya kesalahan dalam interpretasi. Selain itu, perubahan yang terjadi di permukaan bumi dalam rentang waktu perekaman dengan kondisi sekarang juga dapat menyebabkan kesalahan pada hasil interpretasi. Untuk mengetahui seberapa akurat hasil interpretasi menggunakan citra penginderaan jauh maka hasil interpretasi tersebut harus diuji dengan menggunakan sampel lapangan. Proses uji akurasi dalam penelitian ini meliputi uji akurasi untuk hasil interpretasi penggunaan lahan dan juga kemiringan lereng.

Berdasarkan hasil uji akurasi menggunakan data sampel di lapangan, akurasi hasil klasifikasi penggunaan lahan adalah sebesar 84%. Kesalahan interpretasi terbanyak adalah pada objek sawah dimana pada hasil klasifikasi objek sawah banyak diidentifikasi sebagai hutan atau sebagai lahan terbangun. Kesalahan tersebut dikarenakan pengambilan sampel ROI yang kurang tepat sehingga menyebabkan kesalahan yang besar. Sawah dapat diidentifikasi sebagai kebun/hutan pada saat sawah ditanami sehingga pada citra, kenampakan sawah sama dengan kenampakan kebun/hutan. Selain itu, sawah juga dapat diidentifikasi sebagai lahan terbangun karena pantulan tanah kering setelah masa panen selesai menyebabkan kenampakannya menyerupai lahan terbangun dengan atap berupa genteng tanah liat. Pemilihan ROI harus seteliti mungkin untuk menghasilkan klasifikasi yang baik. Tabel di bawah menunjukkan tingkat akurasi hasil klasifikasi.





Berdasarkan hasil uji akurasi menggunakan data kemiringan lereng di lapangan menunjukkan bahwa tingkat akurasi ASTER GDEM adalah sebesar 76%. Akurasi tersebut merupakan akurasi keseluruhan. Cukup rendahnya akurasi ASTER GDEM disebabkan oleh data input dari ASTER GDEM adalah ketinggian penutup lahan sehingga ASTER GDEM merupakan model digital permukaan penutup lahan. Apabila dalam satu kemiringan lereng memiliki penutup lahan dengan kemiringan yang berbeda maka hasil dari ASTER GDEM akan terlihat memiliki kemiringan lereng yang berbeda dengan kemiringan aslinya di lapangan. Digital Surface Model sebenarnya dapat dikoreksi sehingga menjadi Digital Terrain Model sehingga kemiringan lereng yang ditunjukkan oleh citra sama dengan kemiringan lereng yang sebenarnya di lapangan. Akan tetapi karena keterbatasan data yang dimiliki maka proses koreksi tidak dapat dilakukan. Tabel di bawah menunjukkan tingkat akurasi ASTER GDEM terhadap kemiringan lereng di lapangan.

		Lapangan							Jumlah	Producer Accuracy
		0-2	2-4	4-8	8-16	16-35	35-55	>55		
Hasil Klasifikasi	0-2	1							1	100
	2-4		3	1					4	75
	4-8			5					5	100
	8-16				3	3			6	50
	16-35				1	5	1		7	71,43
	35-55						2		2	100
	>55								-	-
Jumlah		1	3	6	4	8	3	-		
User Accuracy		100	100	83,33	75	62,5	66,67	-		

#### IV. KESIMPULAN

- 1) Parameter panjang dan kemiringan lereng serta parameter pengelolaan lahan dan konservasi praktis dapat diekstraksi dari citra penginderaan jauh. Dengan memanfaatkan data penginderaan jauh maka proses ekstraksi data akan menjadi lebih cepat, lebih mudah, dan lebih murah

jika dibandingkan dengan memperoleh data secara langsung di lapangan.

- 2) Perkiraan laju erosi permukaan DAS Grindulu adalah sebesar 5.344.883 ton/tahun, asumsi besarnya erosi tebing dan erosi dasar sungai adalah sebesar 1.336.221 ton/tahun, serta perkiraan hasil sedimen di DAS Grindulu adalah sebesar 1.636.543 ton/tahun. Nilai tersebut diperoleh dengan menghitung perkiraan erosi permukaan menggunakan rumus RUSLE, menghitung perkiraan erosi tebing sungai dan dasar sungai menggunakan asumsi dari besarnya erosi permukaan, serta menghitung Sediment Delivery Ratio dengan menggunakan rumus yang memanfaatkan data luas DAS. Beberapa data yang dapat diekstraksi dari citra penginderaan jauh adalah data kemiringan lereng, panjang lereng, penggunaan lahan, dan data mengenai luas DAS.
- 3) Parameter penggunaan lahan yang diekstraksi dari citra Landsat 8 memiliki akurasi sebesar 84%, sedangkan kemiringan lereng yang didapat dari citra ASTER GDEM memiliki akurasi sebesar 76%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2015, Oktober 13). *Buku Putih Sanitasi Kabupaten Pacitan*. Diambil kembali dari <http://ppsp.nawasis.info/dokumen/perencanaan/sanitasi/pokja/bp/kab.pacitan/DRAFT%20BAB%20II%20KAB.%20PACITAN.pdf>
- Asdak, C. (2007). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Asdak, C. (2010). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Kodoatie, R., & Sugiyanto. (2002). *Banjir: Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya dalam Perspektif Lingkungan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Utomo, W.H. (1994). *Erosi dan Konservasi Tanah*. Malang: Penerbit IKIP Malang.