

STUDI LAJU EROSI SEDIMEN DAS KALI SAMPEAN HULU KABUPATEN BONDOWOSO

Novie Handajani, Minarni Nur Trilita

Program Studi Teknik Sipil

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

e-mail: novie_handajani@yahoo.co.id

ABSTRAK

Banjir bandang di Kota Situbondo Pebruari 2008 sangat berkaitan dengan unsur utama yaitu curah hujan, tanaman dan tanah. Permasalahan yang terjadi adalah adanya ketidakseimbangan diantara ketiga unsur tersebut. Sehingga perlu adanya studi tentang hal tersebut. Kegiatan studi ini akan dititikberatkan pada kali Sampean Hulu. Dimana banyak anak-anak sungai yang bermuara di kali Sampeyan yang berasal dari Gunung Raung, Gunung Sungket, Gunung Argopuro, Gunung Malang dan gunung-gunung kecil lainnya. Sehingga menyebabkan banyak terdapat titik rawan longsor pada sekeliling dataran tinggi. Dengan menggunakan suatu pendekatan analisa untuk menjelaskan kejadian di atas, dimana banjir dan erosi adalah sesuatu yang paling terkait. Sudah menjadi pengetahuan umum bahwa hanya sebagian kecil material sedimen yang tererosi di lahan (DAS) Kali Sampeyan mencapai outlet basin/sungai terdekat. Analisa yang dipakai untuk menguji data dipakai metode yang dipakai untuk memprediksi tingkat erosi lahan dipergunakan metode USLE. Hasil di atas diharapkan dapat memberikan suatu gambaran mengenai kondisi DAS yang ada. Setelah dilakukan perhitungan menggunakan analisa USLE diperoleh nilai erosi tanah sebesar 32,98 ton/ha/tahun dan masuk kelas II dalam tingkat bahaya erosi. Besarnya tingkat erosi yang terjadi pada DAS Kali Sampean Hulu disebabkan karena tata guna lahan pada lokasi studi sebagian besar adalah berupa pemukiman.

Kata kunci: banjir, metode USLE, laju erosi.

PENDAHULUAN

Banjir bandang (air dan lumpur) di Kota Situbondo terjadi hampir setiap tahun hingga Pebruari 2008. Kejadian bencana ini pasti terkait dengan fenomena siklus hidrologi, dimana unsur utamanya adalah curah hujan, tanaman sebagai *interceptor* atau penahan laju air hujan masuk langsung ke permukaan tanah dan tanah itu sendiri.

Permasalahan yang timbul adalah diperkirakan adanya ketidakseimbangan diantara ketiga unsur utama tersebut. Tumbuh-tumbuhan sebagai *interceptor* tidak lagi berfungsi sebagai mana mestinya. Kawasan hijau jauh menjadi berkurang, sehingga jatuhnya air hujan langsung kontak/berbenturan dengan permukaan tanah. Apabila kondisi hulu masih terjaga baik tata guna lahannya, maka proses aliran air yang mengalir menuju hilir paling tidak akan atau mengikuti tampungan alur sungai yang ada. Tetapi bila kondisi hulunya kurang baik, maka air hujan akan turun

tanpa penahan (*resistance*) apapun, aliran menuju hilir akan semakin tidak terkontrol apalagi ditunjang dengan kondisi lerengnya (curam), *top soil* tidak akan mampu menahan derasnya aliran. Sehingga kearah hilir tidak bisa mengikuti alur sungai yang ada, akibatnya aliran air akan melaju tanpa arah membentuk alur-alur baru.

Beberapa studi telah banyak dilakukan untuk menurunkan persamaan empiris SDR yang dapat digunakan untuk memprediksi *sediment yield* dari suatu DAS berdasar laju erosi lahan yang diperoleh dengan menggunakan metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*).

Kegiatan studi ini akan dititik beratkan pada Kali Sampean yang berhulu sungai di Kecamatan Grujungan sedangkan hilir terletak di Kecamatan Panurukan dan titik-titik rawan longsor pada sekitar hulu SWS Pekalen Sampean dengan luas DAS 4486,4 Ha. Dimana banyak anak-anak sungai yang bermuara di Kali Sampeyan

yang berasal dari Kali Jambearum, Kali Batakan, Kali Langat, Kali Sampean, Kali Curah Taman, Kali Patirana, Kali Renggang, Kali Karasak.

Sehingga permasalahan yang timbul adalah bagaimana estimasi erosi lahan tahunan Ea dari titik outlet yang ditinjau.

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah mendapatkan suatu gambaran tentang besarnya tingkat erosi lahan tahunan Ea pada titik outlet yang ditinjau.

TINJAUAN PUSTAKA

Erosi merupakan proses alamiah yang sulit untuk dihilangkan sama sekali atau tingkat erosinya nol, khususnya untuk lahan-lahan yang diusahakan untuk pertanian. Tindakan yang dapat dilakukan adalah mengusahakan supaya erosi yang terjadi masih dibawah ambang batas yang maksimum (*soil lose tolerance*), yaitu besarnya erosi yang tidak melebihi laju pembentukan tanah.

Pada studi menentukan laju erosi/ *yield sediment* DAS Kali Sampeyan Hulu, Kabupaten Bondowoso, dipakai *Metode USLE*, dimana model ini termasuk dalam model Parametik.

Curah hujan

Curah hujan yang diperlukan untuk rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada satu titik tertentu curah hujan ini disebut curah hujan wilayah atau daerah dan dinyatakan dalam mm.

Cara Arimatik Mean

Biasanya cara ini dipakai pada daerah yang datar dan banyak stasiun penakar hujannya, dengan anggapan bahwa di daerah tersebut sifat hujannya *uniform* (seragam). Perhitungannya sebagai berikut (Ir. C.D. Soemarto,1986):

$$\bar{R} = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \dots\dots\dots(1)$$

dengan:

- \bar{R} = curah hujan daerah (mm)
- N = jumlah titik-titik (pos-pos) pengamatan

R_1, R_2, \dots, R_n = curah hujan ditiap titik pengamatan (mm)

Uji Konsistensi Data

Dalam suatu deretan pengamatan hujan sering terjadi ketidaksesuaian data. Untuk itu uji konsistensi terhadap data hujan perlu dilakukan yaitu diantaranya dengan menggunakan analisa kurva massa ganda.

Sri Harto (1993) menyebutkan bahwa ketidakpanggahan data dapat diuji dengan cara analisa kurva massa ganda berupa penggambaran besaran hujan komulatif stasiun yang diuji dengan besaran hujan komulatif rata-rata hujan dari beberapa stasiun acuan di sekitarnya. Ketidakpanggahan data ditunjukkan oleh penyimpangan garisnya dari garis lurus. Cara pengujian menggunakan kurva massa ganda dilakukan sebagai berikut:

- a. Tetapkan beberapa stasiun acuan di sekitar stasiun yang akan diuji
- b. Hitung hujan rata-rata komulatif stasiun acuan
- c. Hitung hujan komulatif stasiun yang diuji
- d. Gambarkan pada kertas grafik dengan absis hujan komulatif stasiun acuan (mm) dengan ordinat hujan komulatif stasiun yang diuji (mm)
- e. Jika terjadi ketidakpanggahan data akan ditunjukkan oleh penyimpangan garisnya dari garis lurus

Uji ini bertujuan untuk mengetahui dimana letak ketidakkonsistensian suatu deretan data. Adapun cara perbaikannya adalah dengan mengoreksinya sebagai berikut:

$$Tg = y / x = Yz / Xo \quad Tg\alpha^\circ = Yo / Xo \dots\dots\dots(2)$$

$$Hz = (Tg\alpha / Tg\alpha^\circ) Ho \dots\dots\dots(3)$$

dengan:

- Hz = data curah hujan yang telah dikoreksi
- Ho = data curah hujan tahunan hasil pengamatan
- Tg = kemiringan setelah dikoreksi $Tg \alpha^\circ$

Analisa Frekuensi

Analisa frekuensi adalah analisa untuk menentukan dan meramalkan periode ulang tentang pengulangan suatu kejadian beserta

nilai probabilitasnya. Untuk menganalisa probabilitas biasanya dipakai beberapa macam distribusi antara lain distribusi normal, distribusi Gumbel dan distribusi Log Person Tipe III.

Untuk menentukan metode yang sesuai, maka terlebih dahulu harus dihitung besarnya parameter statistik yaitu Koefisien Asimetri (Cs), Koefisien Kurtosis (Ck), dan Koefisien Variant (Cv).

Distribusi Log Pearson tipe III banyak digunakan dalam analisa hidrologi terutama analisa data maksimum dan minimum dengan nilai ekstrem. Untuk menganalisa frekuensi curah hujan dengan metode Log Pearson tipe III adalah sebagai berikut (Ir. CD. Soemarto, 1986):

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + K \cdot S_{\log x} \dots\dots\dots(4)$$

dengan:

X_T = curah hujan dengan kala ulang T tahun

$\text{Log } \bar{X}$ = harga rata-rata

$S_{\log x}$ = standard deviasi

K = koefisien, yang harganya tergantung pada nilai kepercengan (Cs) dan Return periode (T)

Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Untuk menentukan kecocokan distribusi frekuensi dari sampel data terdapat fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter. Pengujian parameter yang akan dilakukan ada 2 jenis yaitu:

1. Uji Chi-Kuadrat (*Chi – Square Test*)

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang di analisa. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2 , oleh karena itu disebut uji Chi-Kuadrat. Parameter X^2 , dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Dr. Ir. Suripin, 2003):

$$Xh^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(5)$$

dengan:

Xh^2 = parameter chi-kuadrat terhitung

G = jumlah sub-kelompok

O_i = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i

E_i = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i

Interprestasi hasilnya adalah:

1. Apabila peluang lebih dari 5% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima
2. Apabila peluang lebih kecil dari 1% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima
3. Apabila peluang berada di antara 1% - 5% adalah tidak mungkin mengambil keputusan

2. Uji *Smirnov-Kolmogorov*

Uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorov* sering juga disebut uji kecocokan non parametrik karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Uji ini diperoleh dengan memplot data dan probabilitasnya dari data yang bersangkutan, serta hasil perhitungan empiris dalam bentuk grafis. Dari kedua hasil pengeplotan, dapat diketahui penyimpangan terbesar (Δ maksimum). Penyimpangan tersebut kemudian dibandingkan dengan penyimpangan kritis yang diijinkan (Δcr).

Nilai kritis Δ untuk pengujian ini tergantung pada jumlah data dan Δ Nilai kritis (Δcr). Uji ini digunakan untuk memeriksa penyimpangan horisontal yaitu prosentase probabilitas. Bila nilai kritis Δcr lebih besar dari nilai peluang maka Metode Log Person Tipe III dapat diterima.

Universal Soil Loss Equation (USLE)

USLE memungkinkan perencanaan memprediksi laju erosi rata-rata lahan tertentu pada suatu kemiringan dengan pola hujan tertentu untuk setiap macam jenis tanah dan penerapan pengelolaan lahan (tindakan konservasi lahan). USLE dirancang untuk memprediksi erosi jangka panjang dari erosi lembar (*sheet erotion*) dan erosi alur dibawah kondisi tertentu. Persamaan tersebut dapat juga memprediksi erosi pada lahan-lahan non pertanian, tapi tidak dapat untuk memprediksi pengendapan dan tidak memperhitungkan hasil sedimen dari erosi parit, tebing sungai dan dasar sungai.

Berdasarkan analisa statistik terhadap lebih dari 10.000 tahun data erosi dan data

aliran permukaan, parameter fisik dan pengelolaan dikelompokkan menjadi lima variabel utama yang nilainya untuk setiap tempat dapat dinyatakan secara numeris.

Kombinasi lima variabel ini yang dikenal dengan sebutan USLE adalah sebagai berikut:

$$Ea = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \dots\dots\dots(6)$$

dengan:

Ea = banyaknya tanah tererosi persatuan luas per satuan waktu, yang dinyatakan sesuai dengan satuan K dan periode R yang dipilih, dalam praktek dipakai satuan ton/ha/tahun.

R = faktor erosifitas hujan dan aliran permukaan, dalam KJ/ha

K = faktor erodibilitas tanah, yaitu laju erosi per indeks erosi hujan (R) untuk suatu tanah yang diperoleh dari petak percobaan yang panjangnya 22,13 m dengan kemiringan seragam sebesar 9% tanpa tanaman, satuan ton/KJ.

LS = faktor panjang- kemiringan lereng

C = faktor tanaman penutup lahan dan manajemen tanaman

P = faktor tindakan konservasi praktis.

Faktor Erosifitas Hujan (R)

Faktor erosifitas hujan (R), didefinisikan sebagai jumlah satuan indeks erosi hujan dalam setahun. Nilai R yang merupakan daya rusak hujan, dapat ditentukan dengan persamaan yang dibuat oleh Wischmeir, 1959 (Alam Renard, et.al., 1996) sebagai berikut :

$$R = \sum_{i=1}^n EI_{30} \dots\dots\dots(7)$$

$$EI_{30} = E(I_{30} \cdot 10^{-2}) \dots\dots\dots(8)$$

dengan:

R = faktor erosifitas hujan (KJ/ha/tahun)

n = jumlah kejadian hujan dalam setahun,

EI₃₀ = interaksi energi dengan intensitas maksimum 30 menit, merupakan produk/perkalian antara energi hujan (E= KJ/ha-mm) dan intensitas maksimum 30 menit (I₃₀ mm/jam).

Untuk pulau Jawa dan Madura mendapatkan persamaan sebagai berikut:

$$EI_{30} = 6,119P_b^{1,211} \cdot N^{-0,474} \cdot P_{max}^{0,526} \dots\dots\dots(9)$$

dengan:

EI₃₀ = indeks erosi hujan bulanan (KJ/ha)

P_b = curah hujan bulanan (cm)

N = jumlah hari hujan per bulan

P_{max} = hujan maksimum harian (24 jam) dalam bulan terkait

EI₃₀ tahunan = jumlah EI₃₀ bulanan

Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Terdapat beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam penilaian nilai K, yaitu:

- a. Bahan organik. Sejumlah kecil bahan organik dalam tanah cenderung mengurangi nilai K.
- b. Perantara ikatan (*cementing agent*). Jika bahan pengikat mudah larut dalam air, maka faktor K akan tinggi.
- c. Lempung Sebar (*dispersive clay*). Lempung mudah tersebar atau lempung sebar mempunyai PI tinggi, tapi mudah tererosi, karena proses deflokulasi partikel lempung.

Faktor erodibilitas tanah merupakan sifat tanah yang dinamis, yang bervariasi terhadap waktu, kelengasan tanah, suhu, pengolahan tanah gangguan manusia atau binatang, dan faktor biologi dan kimia. Jika tidak ada percobaan di lapangan, maka nilai K dapat diestimasi dengan monografi atau dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$K = \left\{ 2,713 \times 10^{-4} (12-O) M^{1,14} + 3,25(S-2) + 2,5 \frac{(P-3)}{100} \right\} \dots\dots(10)$$

dengan:

M = % pasir sangat halus dan debu (dia 0,05–0,1 dan 0,02–0,05 mm) x (100–persentase tanah liat)

O = % bahan organik

S = kode struktur tanah yang dipergunakan dalam klasifikasi tanah

P = kelas permeabilitas tanah

Tekstur tanah meliputi % kandungan pasir (0,1 – 2,0 mm), % pasir sangat halus (0,05 – 0,10 mm), % debu (0,002 – 0,05 mm), dan % tanah liat (< 0,002 mm)

Tabel 1. Faktor Erodibilitas *K* dari Departemen Kehutanan RI

Jenis Tanah	Faktor Erodibilitas (<i>K</i>)
Latosol coklat kemerahan dan litosol	0,43
Latosol kuning kemerahan dan litosol	0,36
Komplek mediteran dan litosol	0,46
Latosol kuning kemerahan	0,56
Grumusol	0,20
Aluvial	0,47
Regusol	0,40
Rata-rata	0,411

Sumber: Hardiyatmo, Penanganan Tanah Longsor dan Erosi, 2006

Faktor Gabungan Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Faktor ini gabungan antara pengaruh panjang dan kemiringan lereng. Faktor *S* adalah rasio kehilangan tanah per satuan luas dilapangan terhadap kehilangan tanah pada lereng ekperimental sepanjang 22,1 m (72,6 ft) dengan kemiringan lereng 9%. Persamaan untuk menghitung *LS*, sebagai berikut:

$$LS = \frac{65s^2L'}{s^2 + 1000} + \frac{4,6sL'}{(s^2 + 10000)^{0,5}} + 0,065L' \dots \dots \dots (11)$$

dengan:

- S = kemiringan lereng (%)
- L' = faktor panjang yang nilainya $= \left(\frac{L}{22,1}\right)^m$
- L = panjang lereng

Nilai Faktor Gabungan Panjang dan Ketajaman Lereng (LS)

Tabel 2. Nilai *m*

Kemiringan lereng (s)	<i>m</i>
< 1%	0,2
1% ≤ <i>s</i> < 3%	0,3
3% ≤ <i>s</i> < 5%	0,4
<i>s</i> ≥ 5%	0,5

Sumber: Hardiyatmo, Penanganan Tanah Longsor dan Erosi, 2006

Nilai *s* dinyatakan dalam persen (%). Contohnya untuk lereng 2H : 1V lereng

mempunyai kemiringan *s* = 50% perhatikan bahwa untuk *s* = 9% dan *L* = 22,1 m nilai faktor *LS* = 1.

Faktor Tanaman Penutup dan Manajemen Tanaman (C)

Nilai *C* merupakan faktor yang sangat rumit dan dipengaruhi oleh banyak variabel. Variabel yang berpengaruh dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua) grup yaitu variabel alami dan variabel yang dipengaruhi oleh sistem pengelolaan. (Suripin, 2004)

Faktor Konservasi Praktis (P)

Nilai faktor tindakan manusia dalam konservasi tanah (*P*) adalah perbandingan antara besarnya erosi dari lahan dengan suatu tindakan konservasi tertentu terhadap besarnya erosi pada lahan tanpa tindakan konservasi. (Suripin, 2004)

Kepekaan Lahan Terhadap Erosi.

Besarnya erosi dari suatu wilayah (lahan) tentunya tidak hanya dipengaruhi faktor tanah, tetapi faktor-faktor lain yaitu hujan, bentuk permukaan dan penutup tanah.

Untuk mengetahui kemudahan suatu lahan terhadap erosi (kepekaan erosi), faktor-faktor tersebut harus diperhitungkan. Jadi kepekaan erosi ditentukan oleh erosivitas hujan, tanah dan kemiringan (kepekaan erosi potensial). Jika kedalam faktor-faktor tersebut dimasukkan faktor penggunaan tanah diperoleh kepekaan erosi nyata atau bahaya erosi.

Berdasarkan erosi yang mungkin terjadi, dapat disusun kelas bahaya erosi seperti yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kelas Bahaya yang Digunakan di Indonesia

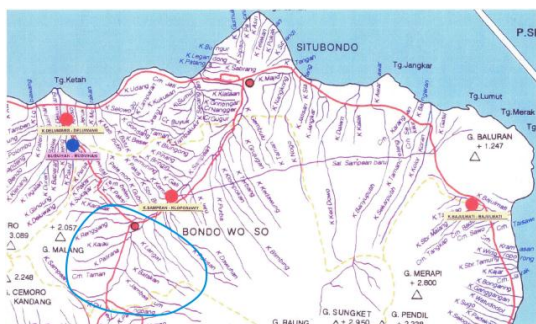
Laju Erosi (ton/ha//th)	Kelas
0-15	I
15- 60	II
60 -180	III
180- 480	IV
> 480	V

Sumber: Wani Hadi Utomo, Erosi dan Konservasi Tanah, 1994

METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan *Cathment Area* Kali Sampean, Kabupaten Situbondo, Propinsi Jawa Timur dengan rentang antara 113° 35' 25'' sampai 114° 10' 40'' Bujur Timur dan antara 7° 51' 20'' sampai 7° 57' 45'' Lintang Selatan, dapat dilihat pada Gambar 1 berikut Pemilihan lokasi ini didasarkan pada pertimbangan pertama adalah belum lama berselang terjadinya bencana banjir bandang pada Februari 2008 yang diakibatkan aliran limpasan permukaan yang tidak terkontrol dan yang kedua adanya ketersediaan data-data penunjang yang cukup.



Gambar 1. Lokasi Studi Penelitian

Teknik Pengumpulan Data

Cara pengumpulan data dilakukan dengan teknik observasi dan teknik dokumentasi.

Proses Analisa

Memprediksi besarnya laju erosi pada suatu DAS dalam studi ini dipengaruhi oleh banyak faktor dan beberapa parameter. Pendekatan analisa yang dipergunakan adalah mengikuti metode seperti yang diusulkan oleh *Wischmeir and Smith (1965)* yaitu dengan metode USLE.

Langkah-langkah analisa adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan data

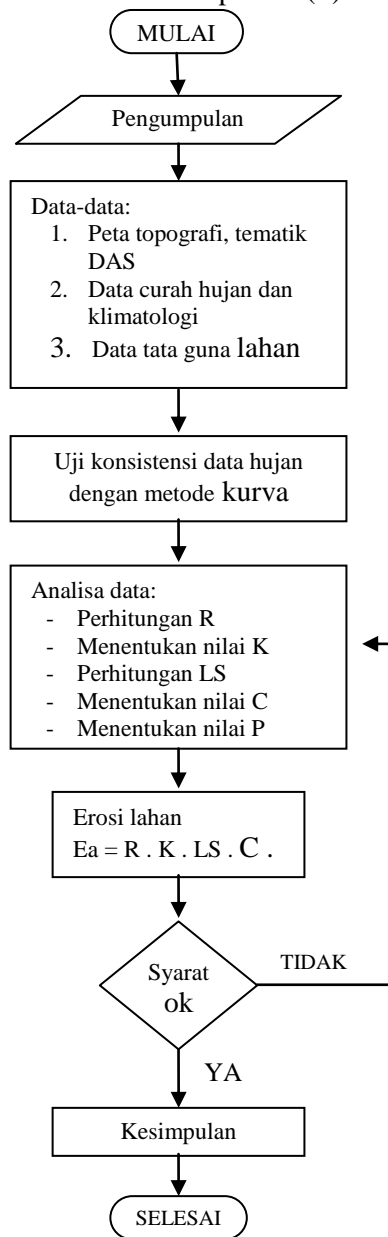
Data yang dikumpulkan dilakukan kompilasi dan verifikasi data, hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan data yang benar-benar valid sesuai dengan kebutuhan dalam analisa.

Data yang bersumber dari instansi lain (data sekunder) antara lain: Peta topografi, peta tematik DAS, data curah hujan dan

klimatologi wilayah DAS, data tata guna lahan, data jenis tanah.

2. Pengolahan Data

- a. Faktor erosivitas hujan (R)
Untuk menentukan faktor erosivitas hujan, R.
- b. Faktor erodibilitas tanah (K)
Untuk menentukan faktor erodibilitas tanah (K).
- c. Faktor gabungan panjang dan kemiringan lereng (LS).
- d. Faktor tanaman penutup dan manajemen tanaman (C).
- e. Faktor konservasi praktis (P).



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Konsistensi Data Curah Hujan

Konsistensi data curah hujan dapat diuji dengan metode kurva massa ganda (*double mass curve*). Dasar metode ini adalah membandingkan curah hujan tahunan kumulatif dari stasiun yang akan diuji dengan kumulatif curah hujan tahunan rata-rata dari stasiun-stasiun dasar.

Tahapan-tahapan pengujian kurva massa ganda ini adalah sebagai berikut:

- a. Sta. Maesan dibandingkan terhadap Sta. Grujugan–Sta. Tlogosari.
- b. Sta. Grujugan dibandingkan terhadap Sta. Maesan–Sta. Tlogosari.
- c. Sta. Tlogosari dibandingkan terhadap Sta. Maesan–Sta. Grujugan.

Perhitungan Hujan Rata-rata

Metode yang dipakai untuk perhitungan hujan bulanan maksimum rata-rata pada daerah aliran dipakai metode Aritmatik Mean hal ini disebabkan karena letak stasiun hujannya antara satu sama lainnya terletak hampir segaris, selain itu luas DAS juga tidak terlalu besar (< 500 km²).

Hasil perhitungan hujan rata-rata maksimum harian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Analisa Curah Hujan Rata-rata Maksimum Harian

Tahun	Tinggi Curah Hujan Rata-rata Maksimum
1995	56,67
1996	92,00
1997	81,67
1998	45,33
1999	49,00
2000	48,67
2001	101,00
2002	128,00
2003	39,67
2004	35,33

Sumber: Hasil Penelitian

1. Analisa Frekuensi

Setelah dilakukan uji data langkah selanjutnya yang dilakukan adalah analisa frekuensi. Analisa frekuensi dapat dilakukan dengan 3 metode distribusi yaitu Metode Distribusi Normal, Metode Distribusi

Gumbel dan Metode Distribusi Log Pearson Tipe III.

Perhitungan selengkapnya dari Cs, Ck, dan Cv dapat dicari:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_1}{n} = 67,73$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_1 - \bar{X})^2}{(n-1)}} = 31,08$$

$$CS = \frac{n \cdot \sum (X_1 - \bar{X})^2}{(n-1)} = 0,88$$

$$Ck = \frac{n \cdot \sum (X_1 - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} = 0,36$$

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} = 0,46$$

Syarat pemilihan distribusi memenuhi kriteria sebagai berikut :

- Normal : Cs = 0
- Log Normal: Cs = 3
- Gumbel : Cs = 1,1396
: Ck = 5,4002
- Log Person : yang tidak termasuk dalam syarat di atas

Dari perhitungan di atas disimpulkan sebagai berikut

Cs = 0,88 —————> sebaran normal tidak mendekati

Cs/Cv = 1,91 —————> sebaran log normal tidak mendekati

Cv = 0,46 —————> sebaran gumbel tidak mendekati

Ck = 0,36

Jadi digunakan distribusi Log Pearson Tipe III.

Dari hasil perhitungan Distribusi Log Pearson Tipe III akan didapatkan:

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X}{n}, \bar{X} = 1,79$$

$$S_{\log x} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X - \log \bar{X})^2}{n-1}} = 0,19$$

$$C_s = \frac{n \times \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{(n-1)(n-2)S_{\log X}^2} = -0,34$$

Perhitungan hujan rencana pada Kali Sampean dengan metode Log Pearson Tipe III dapat ditunjukkan pada Tabel 5.

Jadi persamaannya sebagai berikut:

$$\log X_T = \log \bar{X} + K \cdot S_{\log X}$$

$$\log X_2 = 1,79 + (0,056 \times 0,19) = 1,80$$

$$X_2 = 63,10$$

Tabel 5. Perhitungan Hujan Rencana dengan Metode Log Pearson Tipe III.

tr (th)	Log Xi	S.Log X	K	Log XT	XT
2	1,79	0,19	0,0564	1,80	63,10
5	1,79	0,19	0,8538	1,95	89,14
10	1,79	0,19	1,2394	2,03	107,16
25	1,79	0,19	1,6415	2,10	125,90

Uji Kesesuaian Distribusi

Untuk menentukan kecocokan distribusi frekuensi dari sampel data terhadap peluang yang dipilih, maka dalam penelitian ini menggunakan dua macam pengujian, yaitu secara horisontal dengan Metode *Smirnov Kolmogorov* dan secara vertikal dengan Metode *Chi Kuadrat (Chi-Square)*.

1. Metode *Smirnov Kolmogorov*

Dari hasil perhitungan metode ini setelah diplotkan dikertas semilog dapat dilihat di bawah ini.

Hasil perhitungan:

Banyaknya data = 10

Taraf signifikan = 5 %

Harga Δ_{Cr} = 0,41

Harga Δ_{mzx} = 0,13

Karena $\Delta_{mzx} < \Delta_{Cr}$ sehingga pemilihan Distribusi Log Pearson Tipe III dapat diterima.

2. Metode *Chi Kuadrat (Chi-Square)*

Dari hasil perhitungan metode ini setelah diplotkan dikertas semilog dapat dilihat di bawah ini.

Hasil perhitungan:

Derajat Kebebasan = $n - 1 = 10 - 1 = 9$

Taraf signifikan = 5 %

Harga X_{Cr}^2 = 16,919

Harga X_{hitung}^2 = 9,40

Karena $X_{hitung}^2 > X_{Cr}^2$ sehingga pemilihan Distribusi Log Pearson Tipe III dapat diterima.

Perhitungan USLE

Metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*) digunakan untuk menentukan berat tanah hilang akibat erosi. Untuk menentukan berat tanah yang hilang saat hujan, dimana di permukaan tanah terdapat tumbuh-tumbuhan, maka dapat digunakan persamaan

$$E_a = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

Perhitungan Faktor Erosi Hujan (R)

Analisa erosi hujan dilakukan pada suatu titik tinjauan untuk mendapatkan nilai erosi hujan yang terjadi pada daerah yang ditinjau. Dengan menggunakan data hujan harian, hari hujan dapat dihitung secara pendekatan nilai EI_{30} yang diusulkan oleh Bols (1978) dan khusus digunakan untuk daerah kepulauan Jawa yaitu:

$$R_m = 6,119 (H_m)^{1,21} (HH)^{-0,47} (P_{max})^{0,53}$$

Contoh perhitungan:

$$\begin{aligned} R_m &= 6,119 (H_m)^{1,21} (HH)^{-0,47} (P_{max})^{0,53} \\ &= 6,119 (356)^{1,21} (13)^{-0,47} (9)^{0,53} \\ &= 173,79 \text{ KJ/ha/tahun} \end{aligned}$$

berdasarkan data hujan harian tahun 1995

Hujan Bulanan (H_m) = 35,6 cm

Hujan max (P_{max}) = 9 cm

Hari Hujan (HH) = 13 hari

Perhitungan Faktor Erodibilitas (K)

Penyebaran jenis tanah mencakup wilayah Bondowoso, Situbondo, Jember, Probolinggo, dan Pasuruan dapat dikelompokan yaitu:

Tabel 6. Jenis Tanah Pada DAS Sampean

No	Jenis Tanah	Tekstur Tanah	Nilai K
1	Aluvial	Sedang	0,47
2	Andosol	Ringan	0,18
3	Grumusol	Sangat Berat	0,07
4	Latosol	Berat	0,56
5	Litosol	Ringan	0,46
6	Mediteran	Sangat Berat	0,46
7	Regosol	Ringan	0,40
Total			2,62
Rata-rata			0,37

Jenis tanah seluruhnya memenuhi karakteristik tanah yang terdapat dilokasi studi maka diambil nilai rata-rata $K = 0,37$

Perhitungan Faktor Gabungan Panjang dan Kemiringan Lereng

DAS Kali Sampean Hulu memiliki kemiringan rerata DAS (s) = 0,93% dan mempunyai panjang lereng (L) = 13.500 m, nilai $m = 0,2$ karena kemiringan lereng (s) lebih besar dari 5%. Sehingga persamaan tersebut dapat digunakan untuk menghitung LS:

$$S = 0,93\%$$

$$L' = \left[\frac{L}{22,1} \right]^m$$

$$= \left[\frac{13.500}{22,1} \right]^{0,2}$$

$$= 3,6 \text{ m}$$

Maka,

$$LS = \frac{65s^2 L'}{s^2 + 10000} + \frac{4,6s L'}{(s^2 + 10000)^{0,5}} + 0,065L'$$

$$LS = \frac{65 \times (0,93)^2 \times 3,6}{(0,93)^2 + 10000} + \frac{4,6 \times 0,93 \times 3,6}{((0,93)^2 + 10000)^{0,5}} + (0,065 \times 3,6)$$

$$LS = 0,49$$

Perhitungan Faktor Penutup Vegetasi (C)

Berdasarkan nilai faktor C (pengelolaan tanaman) yang disesuaikan dengan tata guna lahan dilokasi studi maka diperoleh nilai C yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Klarifikasi Penggunaan Lahan DAS Sampean

No	Land use	C
1	Ladang	0,40
2	Kebun	0,50
3	Pemukiman	0,70
4	Hutan	0,001
5	Semak belukar	0,3
6	Sawah	0,01

Faktor Pengendali Erosi

Nilai faktor pengendali erosi (P) khususnya tentang pengolahan tanah dan penanaman menurut garis kontur. Dengan kemiringan rata-rata DAS (S) sebesar 0,93%, maka diperoleh nilai P sebesar 0,50.

Perhitungan Erosi Menggunakan Metode USLE

Contoh perhitungan,

Dengan nilai yang telah didapat dari perhitungan sebelumnya:

$$R = 190,41 \text{ KJ/ha}$$

$$K = 0,37 \text{ ton/KJ}$$

$$LS = 0,49$$

$$C = 0,4$$

$$P = 0,5$$

Sehingga,

$$Ea = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

$$Ea = 190,41 \cdot 0,411 \cdot 0,37 \cdot 0,4 \cdot 0,5$$

$$= 6,90 \text{ Ton/ha/tahun}$$

Untuk nilai laju erosi (Ea) selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai Laju Erosi

No	R	K	LS	C	P	Ea (ton/ha/th)
1	190,41	0,411	0,37	0,4	0,5	6,90
2	190,41	0,411	0,37	0,5	0,5	8,63
3	190,41	0,411	0,37	0,7	0,5	12,08
4	190,41	0,411	0,37	0,001	0,5	0,02
5	190,41	0,411	0,37	0,3	0,5	5,18
6	190,41	0,411	0,37	0,01	0,5	0,17
Total						32,98
Rata-rata						5,49

Sumber : Hasil Perhitungan

Luas lokasi studi 4486,4 Ha. Maka, dapat dihitung nilai Laju Erosi pada DAS Sampean hulu tiap tahunnya adalah:

$$\begin{aligned} E_a &= 4486,4 \text{ Ha} \times 5,49 \text{ Ton/Ha/tahun} \\ &= 24.630,34 \text{ Ton/tahun.} \end{aligned}$$

Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi

Kepekaan erosi diperoleh dengan mengalikan nilai K, LS, dan R. Bahaya erosi diperoleh dengan mengalikan nilai-nilai K, LS, R dan CP. Nilai laju erosi sebesar 32,98 maka DAS Kali Sampean Hulu termasuk kedalam kelas II.

Untuk penanganan erosi dapat dengan cara mekanis dan Agronomis.

1. Konservasi tanah dengan cara mekanis, dapat berupa:
 - a. Pengolahan tanah.
 - b. Pengolahan tanah menurut garis kontur.
 - c. Pembuatan teras.
 - d. Pembuatan saluran air (*waterways*).
 - e. Pembuatan sumur resapan.
 - f. Bangunan stabilisasi.
2. Konservasi secara agronomis, yang dapat berupa:
 - a. Tanaman penutup tanah berfungsi melindungi tanah dari erosi dengan menambah bahan organik tanah
 - b. Penanaman dalam strip, sangat bagus dilaksanakan pada tanah dengan drainase bagus.
 - c. Penanaman berganda berguna untuk meningkatkan produktivitas lahan sambil menyediakan proteksi terhadap tanah dari erosi. Sistem ini dapat dilakukan baik dengan cara pertanaman beruntun, tumpang sari, atau tumpang gilir.
 - d. Penggunaan mulsa, berfungsi sebagai pelindung terhadap permukaan tanah dari hantaman air hujan sehingga mengurangi laju erosi.
 - e. Penghutan kembali (reboisasi) merupakan cara yang cocok untuk

menurunkan erosi dan aliran permukaan, terutama jika dilakukan pada bagian hulu daerah tangkapan air untuk mengatur banjir

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan dengan memperhatikan batasan masalah maka dapat diambil kesimpulan bahwa laju erosi yang terjadi pada Kali Sampean Hulu sebesar 32,98 ton/ha/tahun. Erosi yang terjadi sangat dipengaruhi oleh tata guna lahan yang terdapat pada daerah studi. Daerah pemukiman memiliki tingkat erosi terbesar pada lokasi studi sebesar 12,08 ton/ha//tahun dengan prosentase 36,63% dari laju erosi total pada lokasi studi. Dengan nilai laju erosi sebesar itu Kali Sampean Hulu termasuk kedalam kelas bahaya erosi tingkat II, karena memiliki nilai yang masuk dalam kelas II yaitu antara 15–60 Ton/ha/tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S., 1989, *Konservasi Tanah dan Air*, IPB, Bogor.
- Arsyad, S., 1976, *Pengawetan Tanah dan Air*, Departemen Ilmu-ilmu Tanah, IPB, Bogor.
- Hardiyatmo, H.C., 2006, *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*, Gajah Mada University Press.
- Soemarto,CD.,Ir., *Hidrologi Teknik*, Usaha Nasional, Surabaya.
- Soewarno, 1995, *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*, Penerbit Nova, Bandung.
- Sri Harto Br., 1993, *Analisa Hidrologi*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Suripin, 2004, *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*, Andi, Yogyakarta.
- Wani Hadi Utomo, 1994, *Erosi dan Konservasi Tanah*, IKIP, Malang.