

## PREDIKSI EROSI DARI LAHAN PERTANIAN KEMIRINGAN CURAM DENGAN MODIFIKASI DARI PERSAMAAN UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION DI DESA CIBEUREUM

### EROSION PREDICTION FROM AGRICULTURE STEEP LAND WITH MODIFICATION OF UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION AT DESA CIBEUREUM

---

Kharistya Amaru<sup>1)</sup>, Harun Sukarmadijaya<sup>2)</sup>, dan Priana Sudjono<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Fakultas Teknologi Industri Pertanian Universitas Padjadjaran  
Jalan Raya Bandung Sumedang, Jatinangor – Bandung

<sup>2,3)</sup> Program Studi Teknik Lingkungan, ITB, Jalan Ganesha, Bandung

Email: <sup>1)</sup> kharistya\_amaru@yahoo.com; <sup>3)</sup> psudjono@comices.org

**Abstrak:** Penelitian erosi di lahan kemiringan curam telah dilakukan di lahan pertanian Kampung Cirawa, Desa Cibeureum, Kecamatan Kertasari, Kabupaten Bandung. Tujuan penelitian ini memprediksi erosi yang terjadi di lahan pertanian kemiringan curam dengan menggunakan persamaan USLE (Universal Soil Loss Equation) yang dimodifikasi untuk karakteristik daerah pertanian dengan kemiringan curam. Hasil pengamatan di plot penelitian menunjukkan erosi yang terjadi dalam satu kejadian hujan dengan intensitas hujan 29,17 mm/jam dapat mencapai nilai yang sangat besar yaitu 5.262,76 Kg/Ha. Hubungan korelasi data pengamatan lapang antara limpasan air permukaan terhadap erosi memiliki nilai sebesar 0,88. Sedangkan hubungan korelasi data pengamatan lapang antara intensitas hujan terhadap erosi memiliki nilai sebesar 0,76. Analisis lebih jauh dilakukan pada beberapa faktor penyebab erosi melalui simulasi hujan, kemiringan dan penutup lahan. Hasil simulasi hujan, kemiringan lereng dan penutup lahan menunjukkan erosi berbanding lurus antara intensitas hujan, kemiringan dan penutup lahan. Hasil perbandingan antara data pengukuran dengan data perhitungan pada program limpasan permukaan dan prediksi erosi berdasarkan Sum Square Error dan uji t-berpasangan menunjukkan bahwa persamaan yang digunakan tidak memberikan hasil yang memuaskan dalam prediksi erosi untuk karakteristik daerah pertanian penelitian. Dalam artian persamaan limpasan permukaan dan persamaan erosi yang disusun belum dapat digunakan di daerah penelitian dan perlu dilakukan perbaikan.

**Kata kunci:** erosi, lahan kemiringan curam, limpasan air permukaan, dan lahan pertanian.

**Abstract:** Erosion research on steep slope land has been conducted in farms Kampung Cirawa, Desa Cibeureum, Kecamatan Kertasari, Kabupaten Bandung. The purpose of this study were to predict the erosion that occurs on agricultural land with steep slope using a modified USLE equation for the characteristics of the area. The measurement results show that erosion occurred in one rainfall event with rainfall 29,17 mm/hour can reach a very large value of 5.262,76 Kg/Ha. Field observation data correlation relationship between surface water runoff erosion have a value of 0,88. Likewise, field observation data correlation relationship between the intensity of rain erosion have a value of 0,76. Further analysis is done through simulation of rain, slope and land cover. The simulation results of rain, slope and land cover showed erosion is directly proportional to the intensity of rainfall, slope and land cover. The results of the comparison between measurement data with the calculation data on the program surface runoff and erosion predictions based on the Sum Square Error and paired t-test shows equations used do not provide satisfactory results in erosion prediction. In terms of equations and surface runoff erosion equation drawn can not be used for such research location and the necessary repairs.

**Keywords:** erosion, steep-sloped land, overland flow, and agriculture land.

## **PENDAHULUAN**

Erosi adalah proses terkikis dan terangkutnya tanah atau bagian-bagian tanah oleh media alami yang berupa air. Tanah dan bagian-bagian tanah yang terangkut dari suatu tempat yang mengalami erosi disebut sedimen. Sedangkan sedimentasi (pengendapan) adalah proses terangkutnya sedimen oleh suatu limpasan atau aliran air yang diendapkan pada suatu tempat yang kecepatan airnya melambat atau terhenti seperti pada saluran sungai, waduk, danau maupun kawasan tepi teluk atau laut. Erosi dapat mempengaruhi produktivitas lahan yang biasanya mendominasi DAS bagian hulu dan dapat memberikan dampak negatif pada DAS bagian hilir yang berupa hasil sedimen (Kelompok Kerja Erosi dan Sedimentasi, 2002).

Lokasi penelitian terletak di DAS Citarum Hulu, daerah tersebut memiliki masalah meliputi pencemaran air akibat limbah penduduk, industri, pertanian - irigasi dan limbah peternakan (PPSDA, 2006). Sedimentasi merupakan salah satu masalah di DAS Citarum Hulu dalam dasawasa terakhir yang dilaporkan meningkat hampir dua kali lipat. Hal ini ditunjukkan oleh laju ekspor sedimen tahunan sebesar 1,18 juta ton pada tahun 1993 yang meningkat menjadi 2,15 juta ton pada tahun 2003. Hal ini dapat disebabkan akibat perubahan tataguna lahan. Selama rentang waktu tujuh tahun (1994 – 2001) luas hutan berkurang hampir 60%, sebaliknya luas lahan pertanian bertambah hingga 40% (Poerbandono dkk, 2006). Selain itu sebagian besar kegiatan pertanian dilakukan pada lahan kemiringan curam, menurut pedoman rehabilitasi lahan dan konservasi tanah hal tersebut sebaiknya menjadi kawasan lindung dan harus dilakukan tindakan konservasi.

Konservasi dapat dilakukan bila faktor-faktor erosi dapat diketahui. Prediksi Erosi dapat digunakan untuk memperkirakan jumlah erosi yang terjadi di lapangan. Persamaan umum prediksi erosi yang biasa dilakukan adalah Universal Soil Loss Equation, akan tetapi persamaan ini memiliki keterbatasan karena dikembangkan di daerah subtropik yang memiliki curah hujan relatif ringan dan pengamatan erosi dilakukan pada lahan yang relatif datar. Hal ini tentunya berbeda untuk daerah tropik atau daerah penelitian yang cenderung memiliki curah hujan tinggi dan topografi bergunung.

Faktor erosi yang paling mempengaruhi di daerah penelitian adalah faktor erosivitas hujan dan kemiringan lereng. Penelitian ini difokuskan pada faktor erosivitas hujan yang terbagi pada hujan dan limpasan permukaan, dimana hujan dapat menumbuk dan memecah agregat tanah, sedangkan limpasan air permukaan dapat mengikis tanah. Prediksi erosi dari tiap lahan pertanian di Daerah Aliran Sungai menjadi penting mengingat pengelolaan lahan yang beragam menciptakan kondisi beragam yang mempengaruhi besarnya erosi permukaan. Model proses yang terstruktur melalui evaluasi dari hubungan penyebab dan akibat kadang dilakukan untuk memperkirakan kehilangan permukaan tanah (Brooks, 1991). Adapun penelitian ini bertujuan memprediksi erosi yang terjadi di lahan pertanian dengan kemiringan curam di desa Cibeureum Daerah Aliran Sungai Citarum Atas dengan persamaan USLE yang dimodifikasi dan mempelajari faktor erosi tanah di lokasi penelitian dengan kemiringan curam. Modifikasi dilakukan pada faktor erosivitas yang menggunakan perhitungan berbasis formula limpasan air permukaan.

## **METODE**

### **Lokasi penelitian**

Lokasi penelitian terletak di kampung Cirawa, desa Cibeureum kecamatan Kertasari merupakan sentra penghasil sayuran. Adapun plot penelitian dibagi kedalam 3 segmen dengan panjang keseluruhan 29,6 meter dan lebar 30 meter dan kemiringan  $9^{\circ}$  –  $25^{\circ}$ . Gambar 1 berikut ini adalah plot penelitian.

Tanah di plot penelitian merupakan tanah liat berdebu, sedangkan kadar bahan organik sebesar 4,95 persen. Nilai konduktifitas hidrolis berkisar rata-rata antara 0,104 hingga 3,804 m/hari. Nilai konduktifitas hidrolis pada lapisan tanah di lokasi penelitian berdasarkan penelitian Fookes (1986), masuk kedalam klasifikasi konduktifitas hidrolis bernilai rendah hingga sedang.



**Gambar 1.** Plot penelitian.

### **Tahapan penelitian**

Tahapan penelitian dalam pembuatan model erosi meliputi pengumpulan data, penentuan formulasi persamaan matematika, transformasi persamaan kedalam program komputer, kalibrasi program dan simulasi model, dan kesimpulan. Pengumpulan data dilokasi penelitian berupa pengamatan erosi, curah hujan, tekstur tanah dan kandungan bahan organik untuk menentukan erodibilitas tanah, kemiringan dan panjang lahan, faktor pengelolaan tanaman, dan faktor konservasi yang diterapkan di lokasi penelitian. Penentuan persamaan erosi yang digunakan dilakukan dengan mencari formula yang tepat untuk digunakan berdasarkan faktor erosititas hujan dan limpasan permukaan dan untuk daerah dengan kemiringan curam.

Setelah itu formula matematika ditransformasikan kedalam program komputer dengan menggunakan bahasa FORTRAN. Formula matematis dan asumsi-asumsi yang digunakan dirubah kedalam program komputer dengan Algoritma, dengan demikian algoritma ini menentukan seberapa tingkat keefisienan dan keakuratan dari model komputer yang dibuat.

Kalibrasi dilakukan untuk membandingkan besarnya keakuratan atau kesalahan perhitungan program yang disusun dengan data lapangan. Pada penelitian ini metode statistik yang digunakan adalah pengujian t – berpasangan / *paired t-test* (pengujian rata-rata), dimana metode ini membandingkan hasil perhitungan dan pengamatan di lapangan pada saat bersamaan. Spitz dan Moreno (1996) mengatakan perbedaan antara hasil perhitungan model dengan data percobaan merupakan kesalahan model, dihitung dengan persamaan *Sum Square Error* (SSE), dimana SSE yang baik adalah nilai yang mendekati nol.

Simulasi yang dilakukan dalam program erosi ini menggunakan variasi beberapa parameter penting. Parameter tersebut adalah tinggi hujan, kemiringan lereng dan tipe penutupan lahan di lokasi penelitian. Skenario hujan dibuat dengan memperhatikan derajat curah hujan dan intensitas hujan dengan asumsi bahwa skenario ini dapat mewakili tiap – tiap klasifikasi hujan sedang, deras dan sangat deras. Skenario kemiringan dimasukkan kedalam

file data basin berupa empat klasifikasi kemiringan yang mewakili kemiringan landai, agak curam, curam dan sangat curam.

## HASIL DAN DISKUSI

### Pengamatan lapangan

Intensitas hujan dalam Tabel 1 merupakan volume curah hujan persatuan waktu dalam satu kejadian hujan. Data intensitas hujan beragam mulai dari 3,96 mm/jam hingga 52,4 mm/jam. Laju dan volume limpasan air permukaan pada satu kejadian hujan berhubungan langsung dengan lama hujan dan intensitas hujan. Ketika hujan dalam intensitas rendah, air memenuhi pori – pori tanah hingga jenuh, bila hujan terus berlangsung maka limpasan air permukaan dapat terjadi. Apabila hujan dalam intensitas yang tinggi maka volume limpasan air permukaan yang dihasilkan akan besar pula, karena tanah yang telah jenuh tidak akan dapat menyerap air yang jatuh. Hujan yang jatuh pada tanah jenuh air akan langsung melimpas menjadi aliran air permukaan.

Seperti yang tertulis dalam Tabel 1 tinggi hujan berkisar antar 7,56 mm hingga 48,25 mm memiliki rata-rata tinggi hujan 21,75 mm, rata-rata hujan 109 menit dan intensitas hujan antara 6,16 hingga 29,17 mm/jam, adapun limpasan yang terjadi per hektar berkisar antara 0 hingga 56.115 liter, sedangkan erosi yang terjadi per hektar berkisar antara 0 hingga 5.263 kg.

Hasil analisis seperti terlihat pada Tabel 1 menunjukkan bahwa erosi yang terjadi dapat mencapai 5,3 ton/ha dalam satu kejadian hujan dengan intensitas hujan 29 mm/jam. Hal ini dapat dijelaskan karena tajuk tanaman belum terbentuk dan keadaan lahan yang gembur disebabkan baru olah tanah, sehingga tenaga kinetik dari hujan dan limpasan permukaan menyebabkan tanah mudah terkelupas dan partikel – partikel mudah terangkut ke tempat yang lebih rendah. Pada saat itu tanah belum mengalami pemadatan baik oleh manusia maupun oleh ikatan-ikatan akar tanaman sehingga tidak ada yang menahan tanah pada tempatnya.

**Tabel 1.** Data ketinggian hujan, intensitas hujan, limpasan dan erosi.

Kejadian hujan	Tinggi Hujan (mm)	Lama hujan menit	Intensitas Hujan (mm/jam)	Limpasan (liter)	Erosi (Kg)
1	13,1	105	52,4	0	0
2	28,07	135	12,48	102,70	0
3	16,9	256	3,96	0	0
4	8,21	80	6,16	760,14	35,73
5	48,25	130	22,27	16831,70	1274,39
6	34,73	110	18,94	39786,94	1910,18
7	7,56	35	12,96	3233,11	139,86
8	26,25	54	29,17	56114,86	5262,76
9	12,66	80	9,494	20070,95	640,70
Rata-rata	21,75	109,44	18,65	15211,156	1029,29

Vegetasi penting dalam melindungi permukaan tanah dari tumbukan air hujan, selain itu dapat menurunkan kecepatan dan volume limpasan permukaan, menahan partikel – partikel tanah pada tempatnya melalui sistem perakaran dan seresah yang dihasilkan dan mempertahankan kemantapan kapasitas tanah dalam menyerap air (Asdak, 2004).

Selain itu faktor panjang lereng hingga 29,6 meter dan kemiringan lereng yang mencapai 25°, merupakan faktor lain yang memudahkan tanah terlepas dari ikatannya. Limpasan air yang terbentuk dilahan paling atas akan menjadi aliran permukaan yang

memiliki energi mengikis tanah. Kedua faktor diatas menentukan besarnya kecepatan dan volume air larian. Kecepatan limpasan air permukaan yang besar dapat terjadi karena kemiringan lereng yang tidak terhambat dan panjang serta terkonsentrasi pada saluran, sehingga berpotensi pada terjadinya erosi parit dan erosi alur.

Hasil analisis Intensitas hujan berpengaruh positif terhadap limpasan air permukaan. Artinya semakin besar intensitas hujan maka akan semakin besar pula limpasan air permukaan yang terjadi. Limpasan air permukaan sebagai media untuk melepaskan tanah dari ikatannya dan sebagai media pembawa partikel – partikel tanah memiliki hubungan yang positif dengan erosi yang terjadi. Semakin besar limpasan yang terjadi akan semakin besar pula erosi yang terjadi. Hubungan limpasan dan erosi nilai korelasi linier yang kuat hingga mencapai 0,87. Hal ini menunjukkan betapa eratnya hubungan antara kedua parameter tersebut. Hubungan antara intensitas hujan dan erosi menunjukkan nilai korelasi yang positif yaitu mencapai 0,77 dan memiliki arah yang meningkat. Artinya semakin tinggi intensitas hujan akan semakin besar erosi yang terjadi.

### Persamaan matematika limpasan permukaan

Dengan memperhatikan keakuratan aliran yang diperkirakan, karakteristik fisik area tangkapan seperti  $k$ ,  $s$ ,  $A$ ,  $i$ , dan  $t$  harus dipertimbangkan, sehingga:

$$Q = f(k, s, A, i, t) \quad (1)$$

Di mana:

- $k$  : pendekatan kejenuhan konduktivitas hidraulik, [L]/[T]
- $s$  : kemiringan permukaan, [L]/[L]
- $A$  : luas area permukaan dari segmen, [L<sup>2</sup>]
- $i$  : intensitas hujan, [L]/[T]
- $t$  : waktu, [T]

Suatu segmen adalah potongan lahan: lebar  $b$  dan panjang  $l$ . Pada segmen, sebagian dari air hujan akan terinfiltrasi untuk memenuhi pori-pori tanah, kemudian setelah segmen tersebut menjadi jenuh air, kelebihan dari curah hujan akan menjadi aliran limpasan. Prinsip keseimbangan air dalam segmen akan terimplementasi seperti pada gambar di atas.

$$\Delta V_{rw} = \Delta V_{bi} + \Delta V_{oi} + \Delta V_{ri} = \Delta V_{bo} + \Delta V_r + \Delta V_o \quad (2)$$

Di mana:

- $V_{rw}$  : volume curah hujan pada segmen [L<sup>3</sup>]
- $V_{bi}$  : volume aliran bawah permukaan yang masuk segmen [L<sup>3</sup>]
- $V_{bo}$  : volume aliran bawah permukaan yang keluar segmen [L<sup>3</sup>]
- $V_v$  : volume curah hujan yang tertahan dalam segmen [L<sup>3</sup>]
- $V_{oi}$  : volume aliran limpasan yang datang [L<sup>3</sup>]
- $V_o$  : volume aliran limpasan yang dihasilkan segmen [L<sup>3</sup>]
- $V_{ri}$  : volume aliran balik yang datang [L<sup>3</sup>]
- $V_r$  : volume aliran balik dari segmen [L<sup>3</sup>]

### Formulasi Matematika Persamaan Erosi

Wischeimer dan Smith (Foth, 1995) membuat rumus dugaan besarnya erosi sebagai berikut:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (3)$$

Dimana:

- $A$  : erosi dihitung per unit area (ton/ha)
- $R$  : faktor curah hujan
- $K$  : faktor erodibilitas tanah

- L : faktor panjang lereng  
 S : faktor kemiringan lereng  
 C : faktor pengelolaan tanaman  
 P : faktor tindakan konservasi tanah.

Faktor energi erosivitas atau  $R_r$  merupakan jumlah erosi akibat hujan untuk semua hujan selama perioda prediksi. Untuk hujan tunggal Novotny (1981) mendefinisikan sebagai:

$$R_r = \sum [(2,29 + 1,15 \log X_i) D_i] I \quad (4)$$

Dimana:

- i : Hyterograph hujan per interval waktu  
 Di : Hujan selama waktu interval (cm)  
 I : Intensitas hujan 30 menit maksimal dari hujan.  
 Xi : Intensitas hujan (cm/jam)

Baik erosivitas hujan maupun penghancuran partikel tanah oleh limpasan air permukaan berkontribusi pada kehilangan tanah. Oleh karena itu faktor hujan R harus memasukkan efek dari limpasan air permukaan.

$$R = a R_r + b c Q q^{1/3} \quad (5)$$

Dimana:

- a & b : parameter pemberat, *weighting parameter* ( $a+b = 1$ )  
 c : Koefisien persamaan  
 Q : Volume *runoff* (cm)  
 q : Maksimum *runoff* rate (cm/jam)

Faktor parameter pemberat merupakan perbandingan antara jumlah erosi yang disebabkan hujan dan *runoff* dalam kondisi satuan. Disarankan bahwa pelepasan partikel tanah oleh *runoff* dan energi erosivitas hujan dibagi sama ( $a = b = 0,5$ ). Koefisien persamaan c dalam Satuan Internasional sekitar 15,0.

Faktor panjang dan kemiringan lereng (L dan S) disatukan menjadi faktor LS dan dihitung menjadi:

$$LS = L^{1/2} \times (0,00138^s + 0,00965 S + 0,0138) \quad (6)$$

Dimana:

- L : Panjang lereng (m)  
 S : Kemiringan lereng (%)

Rumus diatas diperoleh dari percobaan dengan menggunakan plot erosi pada lereng 3 – 18 %, sehingga tidak memadai untuk lereng yang terjal. Untuk lahan berlereng terjal disarankan menggunakan rumus berikut (Asdak, 2001):

$$LS = \left(\frac{l}{22}\right)^m \times C (\cos \alpha)^{1,50} \times [0,5 (\sin \alpha)^{1,25} + (\sin \alpha)^{2,25}] \quad (7)$$

Dimana:

- m : 0,5 untuk lereng 5 % atau lebih; 0,4 untuk lereng 3,5 – 4,9 %; 0,3 untuk lereng 3,5 %  
 C : 34,71  
 $\alpha$  : sudut lereng  
 l : panjang lereng

### Perbandingan data pengukuran dan perhitungan

Data – data yang diperoleh di lapangan, ditransformasikan kedalam data – data input program berupa data basin, data hujan, data keluaran program *Integrated System Tropical*

*Flow Model* (ISTFM) dan data erosi. Data – data basin merupakan data-data konduktifitas hidrolik beserta proporsi, porositas, panjang dan lebar segmen serta kemiringan. Data – data hujan merupakan data – data hujan yang didapat dari hasil pengukuran. Setelah data – data didapat kemudian dilanjutkan dengan menjalankan program limpasan air permukaan dan program prediksi erosi. Hasil output program berupa limpasan permukaan dan erosi yang terjadi dalam plot penelitian dibandingkan dengan data yang didapat dari pengukuran lapangan. Perbandingan statistik yang digunakan untuk mengetahui seberapa jauh kesalahan perhitungan, menggunakan metode *Sum Square Error* dan pengujian rata – rata populasi perhitungan dan populasi data lapangan atau pengujian t – berpasangan.

Kalibrasi atau perbandingan antara data pengukuran dan data perhitungan dilakukan pada model limpasan air dan model erosi dengan menggunakan data basin dan data hujan R1 hingga R9. Pada analisis *Sum Square Error* (SSE) untuk perhitungan limpasan permukaan dan hasil pengamatan di lapangan sangat besar jauh dibandingkan mendekati nol. Begitu juga untuk perhitungan erosi dan hasil pengamatan di lapangan, pada kasus ini menunjukkan bahwa persamaan yang digunakan, baik untuk perhitungan limpasan permukaan dan perhitungan erosi belum dapat mewakili data yang didapat dari lapangan.

Pada Tabel 2 analisis perbandingan untuk erosi dengan metode *Sum Square Error* memiliki nilai yang berkisar antara 422,76 hingga 14.489,3. Hal ini menunjukkan nilai yang sangat besar bila dibandingkan dengan mendekati nilai nol. Perhitungan erosi yang digunakan menggunakan data-data limpasan air permukaan yang memiliki kesalahan sehingga kesalahan pada perhitungan erosi pun menjadi berlipat ganda. Pendekatan perhitungan erosi yang menggunakan segmentasi lahan dan beberapa time step atau potongan waktu yang pendek dapat memperbesar kesalahan perhitungan. Selain itu asumsi – asumsi yang digunakan dalam persamaan USLE merupakan pendekatan – pendekatan dari penelitian sebelumnya. Keadaan lokasi yang berbeda dapat mengakibatkan perhitungan menjadi berlebih atau bahkan kurang. Sehingga dapat dipastikan bahwa perhitungan untuk erosi harus diperbaiki.

**Tabel 2.** Perbandingan statistik antara data pengamatan dengan data perhitungan dengan menggunakan metode *Sum Square Error*.

Kejadian hujan	<i>Sum Square Error</i>	
	Limpasan permukaan	Erosi
1	0,17	1717,08
2	<b>203,22</b>	2704,95
3	0,14	1649,63
4	<b>0,13</b>	1442,26
5	2,51	11283,31
6	13,13	3717,37
7	0,22	<b>422,76</b>
8	44,38	<b>14489,3</b>
9	5,66	1014,86

Berdasarkan pengujian t – berpasangan, data limpasan permukaan pada kejadian hujan R1 hingga R9 menunjukkan bahwa hasil dari data pengamatan dan hasil model berbeda nyata kecuali pada kejadian hujan R7. Hal ini berarti bahwa antara pengukuran dan perhitungan memiliki rata-rata populasi yang berbeda dan perhitungan prediksi limpasan air permukaan belum dapat menggambarkan kejadian sebenarnya di lokasi penelitian, untuk itu diperlukan perbaikan atau pengembangan program.

Pada pengujian t – berpasangan terhadap erosi hasil pengukuran dan hasil perhitungan prediksi erosi, data kejadian hujan R1 hingga R5 menunjukkan berbeda nyata. Sedangkan

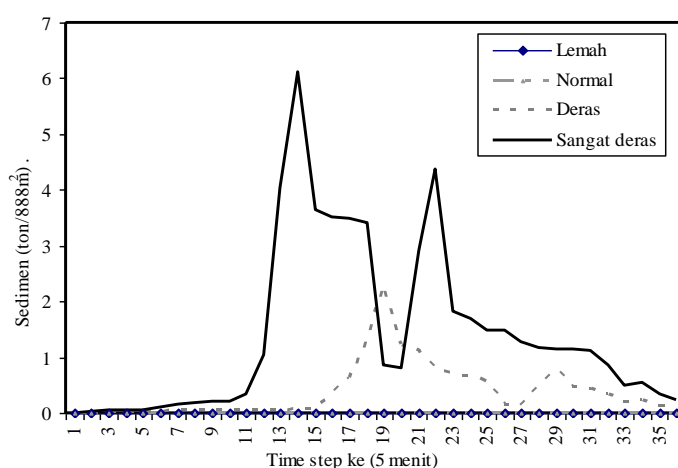
untuk R6 hingga R9 memiliki rata – rata populasi yang tidak berbeda nyata. Hal ini dapat menunjukkan bahwa formula yang digunakan dalam prediksi erosi belum dikatakan baik, diperlukan perbaikan sehingga menunjukkan hasil yang mendekati kenyataan dilapangan.

Pada perhitungan limpasan air permukaan, data yang digunakan merupakan data aliran air yang mengalir didalam tanah dan tidak terdapat limpasan air permukaan yang terbentuk pada perhitungan, berbeda dengan kenyataan di lapangan dimana limpasan air dapat terjadi sehingga dapat menimbulkan erosi. Hal ini dapat dijelaskan bahwa lokasi penelitian memiliki kedalaman tanah hingga 1 meter, dimana dengan porositas hingga 60 persen memungkinkan hujan yang jatuh di atas lahan terserap kedalam tanah. Selain itu dalam perhitungan limpasan air permukaan porositas tanah dan konduktivitas hidrolis digunakan sebagai acuan berapa air dapat ditampung didalam tanah dan dialirkan ke segmen berikutnya. Sehingga bila terdapat hujan jatuh pada suatu lahan, air akan mengisi pori-pori tanah terlebih dahulu, apabila telah jenuh maka akan terjadi limpasan air permukaan.

Pada perhitungan limpasan air permukaan tidak terdapat input data berupa kadar air di lokasi penelitian sehingga tidak diketahui berapa air hujan yang dapat ditampung dan berapa tinggi hujan yang dapat menimbulkan limpasan air permukaan. Sebaiknya dalam perhitungan limpasan air permukaan diperhitungkan kadar air dilokasi penelitian hingga tiap – tiap lapisan tanah, sehingga air hujan yang jatuh di lokasi sesuai akan mengisi pori – pori sesuai dengan keadaan dilapangan, tidak dalam keadaan tanah kering. Maka dalam menggunakan data hasil keluaran program limpasan air permukaan untuk perhitungan program erosi, digunakan data aliran air yang mengalir didalam tanah, dengan asumsi air yang jatuh dilokasi penelitian akan bergerak sesuai dengan waktu yang berjalan atau *time step*.

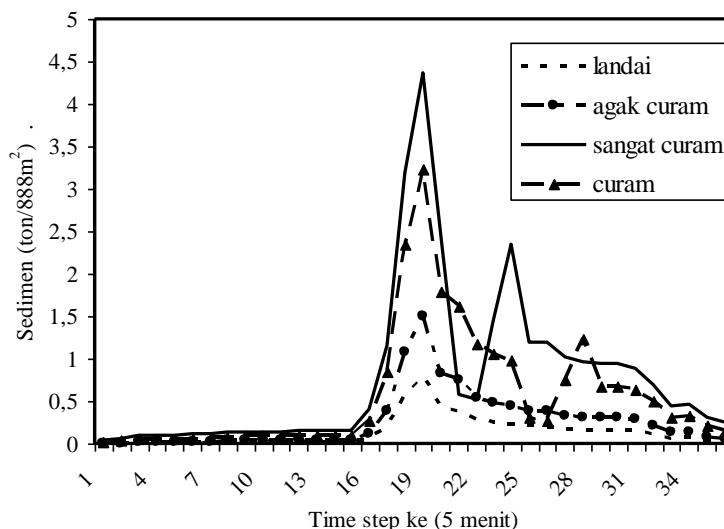
### Perhitungan erosi dengan berbagai variasi

Perhitungan program dengan variasi skenario hujan, skenario kemiringan lahan dan skenario penutup lahan yang berbeda. Skenario hujan mengasumsikan kejadian hujan lemah, sedang, deras dan sangat deras. Hasil perhitungan menunjukkan erosi yang terjadi pada skenario hujan satu dan dua tidak jauh berbeda, erosi mulai terlihat meningkat pada skenario hujan tiga dan empat hal ini bisa dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan analisis statistik anova, populasi antara skenario memiliki perbedaan varian yang nyata. Hal ini menunjukkan bahwa tiap skenario hujan berpengaruh pada jumlah erosi yang terjadi.



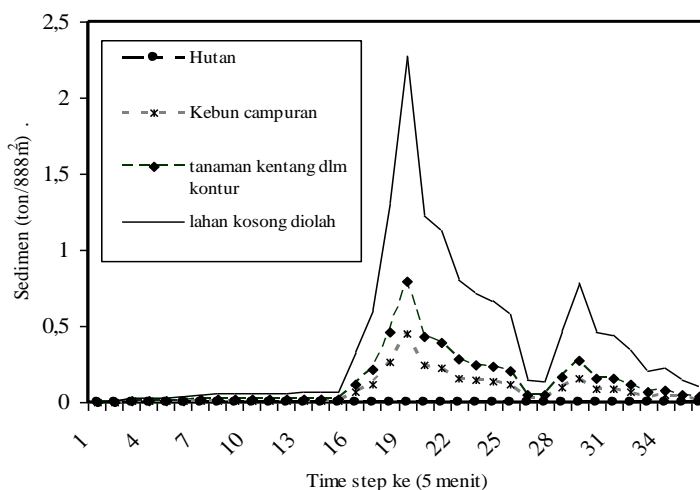
**Gambar 2.** Perhitungan program dengan variasi skenario hujan.





**Gambar 3.** Perhitungan program dengan variasi kemiringan lahan.

Pada simulasi ini file basin divariasikan pada kemiringan lereng landai, curam, agak curam dan sangat curam. Aliran air yang terjadi menunjukkan bahwa aliran air tidak jauh berbeda atau perbedaan yang ada sangat kecil antara tiap skenario. Analisis statistik anova menunjukkan bahwa antara skenario memiliki varian yang tidak berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa aliran air yang terjadi pada tiap skenario tidak dipengaruhi oleh kemiringan. Sedangkan analisis anova terhadap erosi yang terjadi menunjukkan bahwa terdapat perbedaan varian yang nyata antara skenario. Hal ini menunjukkan bahwa kemiringan pada skenario basin berpengaruh terhadap erosi yang terjadi.



**Gambar 4.** Perhitungan program dengan variasi penutup lahan.

Seperti halnya hubungan antara waktu dan limpasan air permukaan pada perhitungan dengan variasi kemiringan, terlihat pada gambar 4, perhitungan dengan variasi penutup lahan analisis anova pada aliran permukaan tidak terlihat berbeda, hal ini kemungkinan besar karena faktor tanaman tidak terdapat dalam perhitungan matematis aliran air. Hal ini bertentangan dengan penelitian sebelumnya (Ramdani, 2005) yang meneliti erosi dan limpasan pada beberapa talun dengan kemiringan berbeda dan menunjukkan bahwa kerapatan

tumbuhan berpengaruh pada air larian pada tiap jenis penutup lahan. Sedangkan analisis anova pada erosi yang terjadi tiap skenario menunjukkan bahwa terdapat perbedaan varian yang nyata antara skenario. Hal ini menunjukkan bahwa penutup lahan berpengaruh terhadap erosi yang terjadi.

## KESIMPULAN

Hasil dari Pengamatan lapangan, dalam satu kejadian hujan dapat menimbulkan besar erosi hingga 5.262,76 kg/ha. Kalibrasi yang dilakukan pada program erosi yang disusun menunjukkan analisis perbandingan untuk erosi dengan metode *Sum Square Error* menunjukkan nilai yang sangat besar bila dibandingkan dengan mendekati nilai nol. Pada pengujian t berpasangan hasil perhitungan hujan satu hingga hujan sembilan kecuali kejadian hujan ke tujuh berbeda / belum dapat mewakili dengan pengukuran. Perhitungan dengan berbagai variasi menunjukkan bahwa skenario hujan lemah, normal, deras dan sangat berpengaruh pada jumlah erosi, semakin besar hujan semakin tinggi erosi. Sedangkan pada skenario variasi kemiringan menunjukkan bahwa kemiringan landai, agak curam, curam dan sangat curam berpengaruh terhadap erosi yang terjadi. Semakin miring lahan semakin tinggi erosi. Dan untuk simulasi skenario penutup lahan menunjukkan bahwa penutup lahan hutan, kebun campuran, tanaman kentang dalam kontur dan lahan kosong yang diolah berpengaruh terhadap erosi yang terjadi.

## Saran

Perhitungan erosi dengan persamaan limpasan permukaan perlu ditelaah lebih lanjut, karena dengan adanya kesalahan pada perhitungan limpasan permukaan. Penelitian kedepan dapat diarahkan pada perhitungan limpasan air permukaan, perhitungan erosi dan pengamatan lapangan. Plot dapat bervariasi dengan berbagai tanaman dan berbagai kemiringan lahan pertanian.

## Daftar Pustaka

- Asdak, Chay. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2004.
- Brooks, Kenneth N., Hydrology and The Management of Watershed, Iowa: Iowa State University Press/Ames, 1991.
- Fookes, P.G., and P.r. Vaughan A Handbook of Engineering Geomorphology. New York: Survey University Press, 1986.
- Foth, Henry Donald. Dasar-dasar Ilmu Tanah. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 1995.
- Kelompok Kerja Erosi dan Sedimentasi, "Kajian Erosi dan Sedimentasi Pada DAS Teluk Balikpapan Kalimantan Timur, Laporan Teknis Proyek Pesisir, TE-02/13-I." Jakarta: CRC/URI, (2002).
- Novotny, Vladimir, and Gordon Chester. Handbook of Nonpoint Pollution, Sources and Management. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1981.
- Poerbandono, A. Basya, A. B. Harto dan Puteri Rallyant, "Evaluasi Perubahan Perilaku Erosi Daerah Aliran Sungai Citarum Hulu dengan Pemodelan Spasial." Jurnal Infrastruktur dan Lingkungan Binaan Infrastructure and Built Environment Vol. II No. 2, Juni (2006): 21-28
- PPSDA, Status Mutu Air Sungai Di Indonesia, Volume I, S. Cisadane, S. Ciliwung, S. Citarum. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, 2006.
- Ramdani, Kurnia. "Laju Air Larian Dan Erosi Pada Beberapa Tipe Talun dalam Sistem Kebun-Talun di Desa Kramat Mulya, Kecamatan Soreang, Kabupaten Bandung." Skripsi., Universitas Padjadjaran, (2005)
- Spitz, Karlheinz, and Joanna Moreno. A practical guide to Groundwater and Solute Transport Modelling. New York: John Wiley & Sons Inc, 1996.