

Prediksi Erosi Skala DAS dengan Model AGNPS (*Agricultural Non-Point Source Pollution*)

Use of AGNPS Model to Estimate Watershed Scaled Erosion

N. SUTRISNO¹, S. ARSYAD², H. PAWITAN³, DAN K. MURTIKASO³

ABSTRAK

Metode prediksi erosi skala daerah aliran sungai berbeda dengan prediksi skala lahan pertanian. Penelitian bertujuan untuk menentukan metode prediksi erosi skala daerah aliran sungai (sedimen sungai) dengan pendekatan pengukuran sedimen dan model *Agricultural Non Point Source Pollution* (AGNPS). Penelitian erosi skala petak dirancang dengan Rancangan Acak Kelompok dengan menerapkan 7 perlakuan berupa kombinasi guludan dan bedengan. Penelitian erosi lahan pada penelitian skala daerah aliran sungai dilakukan dengan metode *soilpan*, dan pengamatan erosi skala daerah aliran sungai dilakukan dengan pengamatan sedimen di *outlet* sub daerah aliran sungai Tugu Utara (Ciliwung Hulu). Metode prediksi erosi lahan dan erosi skala sub daerah aliran sungai menggunakan model AGNPS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model AGNPS tidak dapat digunakan untuk memprediksi erosi lahan, tetapi dapat digunakan untuk memprediksi erosi sub daerah aliran sungai Tugu Utara (sedimen sungai) dan simulasinya. Hasil simulasi model dengan nilai faktor tanaman dan konservasi 0,18 dan panjang lereng 5 m dapat menurunkan erosi skala sub daerah aliran sungai secara nyata. Hasil penelitian dapat digunakan untuk memprediksi erosi sub daerah aliran sungai Tugu Utara, dan membuktikan bahwa erosi skala daerah aliran sungai berbeda dengan erosi skala lahan pertanian.

Kata kunci : *Prediksi erosi, Erosi skala DAS, Simulasi model*

ABSTRACT

Method of watershed scaled erosion prediction is different from plot scale erosion prediction. The objective of this study was to predict watershed scaled erosion by measuring sediment yield and using Agricultural Non-Point Source Pollution (AGNPS) model. The plot scale experiment was set in randomized block design with 7 treatments i.e combination of ridges and raised beds. In the experiment, surface erosion was measured with soil pan method, watershed scale erosion (sediment yield) by sampling at the outlet. The method of watershed scale prediction were using AGNPS model. The result shows that AGNPS model was applicable to predict Tugu Utara sub watershed erosion (sediment yield) and simulate its land use management. The simulation of AGNPS model, with crop factor of 0.18 and slope length 5 m significantly reduced watershed erosion. This implies that AGNPS model is reliable to predict Tugu Utara sub watershed erosion and the model proves that watershed erosion is different from plot scale erosion.

Key words : *Erosion prediction, Watershed scale, Model simulation*

PENDAHULUAN

Masalah utama kerusakan sumber daya lahan di daerah aliran sungai (DAS) disebabkan oleh erosi dan sedimentasi. Erosi yang besar pada lahan pertanian di suatu DAS akan terbawa oleh aliran permukaan ke sungai dan dapat menimbulkan masalah yang sangat merugikan. Kerusakan tanah di tempat terjadinya erosi berupa kerusakan sifat-sifat fisik, kimia dan biologi tanah mengakibatkan turunnya produktivitas lahan (Arsyad, 2000; Hashim *et al.*, 1998; Suwardjo, 1981). Kerusakan-kerusakan di tempat pengendapan adalah tertimbunnya lahan pertanian, pelumpuran, pendangkalan sungai, dan pendangkalan waduk yang menyebabkan umur guna waduk berkurang. Menurut Arsyad (2000) dan Lal (1998), akibat selanjutnya adalah banjir pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau.

Metode pengukuran erosi yang digunakan pada lahan pertanian didasarkan pada tujuan yang ingin dicapai. Penelitian erosi petak kecil merupakan metode pengukuran erosi dengan petak standar dari Wischmeier dan Smith (1978) yang bertujuan untuk membandingkan erosi yang terjadi pada berbagai penggunaan lahan. Erosi dan aliran permukaan yang terukur hanya menggambarkan skala petak. Menurut van Noordwijk *et al.*, (1998), hasil pengukuran erosi dan aliran permukaan pada skala petak belum dapat menggambarkan keadaan sebenarnya yang terjadi pada skala DAS. Dickinson dan Collins (1998) menyatakan, bahwa hasil

¹ Peneliti pada Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi

² Guru Besar pada Institut Pertanian Bogor

³ Staf pengajar pada Institut Pertanian Bogor

pengukuran erosi dan aliran permukaan pada skala petak tidak dapat di *scale up* untuk mengevaluasi erosi seluruh daerah tangkapan yang luas (*catchment*) karena terdapat faktor-faktor yang tidak dapat ditentukan pada petak kecil seperti erosi parit, erosi tebing sungai dan pengendapan sementara pada lahan. Alternatif pengukuran erosi pada lahan pertanian yang lebih mendekati keadaan sebenarnya dikemukakan oleh Morgan (1990) dan Hudson (1993) yaitu melakukan pengukuran erosi tanpa petak-petak pembatas dengan *gerlach troughs (soilpan)*, dapat dilakukan pada berbagai kondisi panjang dan kemiringan lereng, serta sistem pertanian yang berbeda.

Tanah yang tererosi pada lahan pertanian tidak seluruhnya masuk ke sungai. Hal ini disebabkan oleh kondisi fisik lahan yang dapat menghambat dan mengurangi erosi yang hanyut terbawa aliran permukaan (Carson, 1989; Verbist, 2001). Menurut Shen dan Julien (1992); Morris dan Fan (1998); dan Arsyad (2000) erosi yang terbawa oleh aliran sungai pada *outlet* DAS lebih kecil dari erosi yang terjadi pada lahan pertanian, dan sedimen yang terukur di *outlet* DAS tergantung kepada jumlah dan kecepatan aliran permukaan, penggunaan lahan, kemiringan lereng, panjang lereng dan luas DAS. Untuk menentukan besarnya erosi skala DAS (sedimen sungai), dapat dilakukan dengan mengukur sedimen yang terbawa di sungai (Carson, 1989).

Selain pengukuran secara langsung, penentuan erosi skala DAS dan erosi skala lahan dapat dilakukan juga dengan prediksi. Prediksi erosi skala lahan berbeda dengan skala DAS karena pada skala DAS harus mempertimbangkan adanya pengendapan dan hambatan-hambatan dalam transpor sedimen. Sebagai contoh, model *Universal Soil Loss Equation (USLE)* adalah salah satu model parametrik yang cocok digunakan untuk memprediksi erosi skala lahan, akan tetapi tidak cocok untuk memprediksi skala DAS. Hal tersebut didasarkan atas hasil perhitungannya akan *over estimate* karena tidak memperhitungkan adanya faktor-faktor yang mempengaruhi transpor

sedimen, pengendapan dan hasil sedimen tebing sungai dan dasar sungai (Arsyad, 2000; Kinnell dan Risse, 1998; Bingner, 1990). Sehubungan dengan itu, untuk prediksi erosi skala DAS lebih tepat menggunakan model yang dapat memperhitungkan hambatan-hambatan transpor sedimen dan adanya pengendapan.

Model *Agricultural Non Point Source Pollution (AGNPS)* adalah salah satu model terdistribusi yang dapat memprediksi erosi lahan dan erosi skala DAS (sedimen sungai) (Guluda, 1996 dan Lo, 1995). Menurut Guluda (1996) model AGNPS dapat digunakan di daerah tangkapan Citere (Jawa Barat) yang tidak terlalu luas. Demikian juga untuk skala DAS yang luasnya 60,5 km² dan yang sangat luas yaitu DAS Shui-Li, Bajun River Basin dan Tsengwen Reservoir, AGNPS dapat digunakan untuk memprediksi erosi lahan dan erosi skala DAS (Wang dan Cheng, 1999; Lo, 1995). Model AGNPS menurut Young dan Onstad (1990) merupakan gabungan antara *distributed model* dan *sequential model*. Artinya, penyelesaian persamaan keseimbangan massa dikerjakan secara simultan di seluruh sel, dan air serta polutan ditelusuri dalam rangkaian aliran di permukaan lahan dan di saluran secara berurutan.

Komponen dasar model AGNPS adalah hidrologi, erosi lahan, transpor sedimen dan hara. Dasar prediksi yang digunakan adalah dalam satuan sel, oleh karena itu areal DAS yang akan diprediksi harus dibagi habis ke dalam sel-sel. Model AGNPS dalam operasionalnya melakukan perhitungan-perhitungan dalam beberapa tahap. Tahap pertama, perhitungan inisial untuk seluruh sel dalam suatu DAS yaitu melakukan perhitungan pendugaan erosi permukaan, aliran permukaan, waktu hingga aliran permukaan terkonsentrasi dan tingkatan larutan polutan yang meninggalkan DAS melalui aliran permukaan. Tahap kedua adalah penghitungan volume aliran permukaan yang meninggalkan sel yang berisi endapan dan *impoundment* untuk sel utama. Tahap ketiga adalah melakukan penghitungan untuk memperoleh laju aliran terkonsentrasi, untuk menurunkan kapasitas

transpor kanal dan untuk menghitung laju aliran endapan dan hara aktual.

Mengingat banyaknya kerugian yang terjadi karena erosi dan dikaitkan dengan alternatif-alternatif pendugaan erosi skala sub DAS, maka penelitian dan pendugaan dalam skala DAS sangat diperlukan agar perencanaan pengelolaan sumber daya lahan suatu DAS dapat dilakukan dengan tepat dan sederhana.

Tujuan penelitian adalah menentukan metode prediksi erosi skala daerah aliran sungai dengan pendekatan pengukuran sedimen di *outlet* sub daerah aliran sungai dan penggunaan model *Agricultural Non Point Source Pollution* (AGNPS).

BAHAN DAN METODE

Bahan

Penelitian erosi petak kecil dilaksanakan di Desa Sukaresmi, Kecamatan Sukaresmi, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat, yang secara geografis terletak pada $6^{\circ} 42'48''$ LS dan $107^{\circ} 8'23''$ BT. Penelitian erosi skala sub DAS dilaksanakan di Desa Tugu Utara, Kecamatan Cisarua, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Desa Tugu Utara terletak pada $6^{\circ} 41'30''$ LS – $6^{\circ} 41'55''$ LS dan $106^{\circ} 58'10''$ BT – $107^{\circ} 0'0''$ BT dan termasuk ke dalam sub DAS Tugu Utara (Ciliwung Hulu).

Bahan penelitian yang digunakan adalah :

- Landsat TM, tahun 2000 dan potret udara skala 1: 20.000, tahun 1993.
- *Soilpan* (panci tanah).

Metode

Penelitian erosi petak kecil

Penelitian erosi petak kecil mengikuti aturan Wischmeier dan Smith (1978), dengan rancangan acak kelompok (RAK) dan ulangan 3. Perlakuan yang diterapkan adalah :

T0 = Bera, setiap 2 minggu seluruh petak diratakan.

T1 = Bedengan searah lereng + pertanaman rapat searah lereng.

T2 = Bedengan searah lereng + pertanaman rapat searah kontur.

T3 = Bedengan searah lereng, setiap 5 m dibuat gulud memotong lereng searah kontur + pertanaman rapat searah lereng.

T4 = Bedengan searah lereng, setiap 5 m dibuat gulud memotong lereng searah kontur + pertanaman rapat searah kontur.

T5 = Bedengan searah kontur + pertanaman rapat searah lereng.

T6 = Bedengan searah kontur + pertanaman rapat searah kontur.

Pola tanam yang digunakan adalah pola tanam berurutan : kacang kapri (*Pisum sativum*)-cesin (*Brasica juncea*)-mentimun (*Cucumis sativus*)-jagung (*Zea mays*). Uji F dilakukan untuk mengetahui respon perlakuan. Bila berbeda nyata, dilanjutkan dengan uji LSD untuk menentukan perlakuan terbaik.

Penelitian erosi sub DAS

Sifat-sifat tanah dan penyebarannya diamati melalui penampang tanah (profil dan minipit) dan pemboran (Soekardi *et al.*, 1996). Pengamatan infiltrasi dilakukan untuk menetapkan *hydrologic soil group* yang dapat menetapkan nilai bilangan kurva (BK) aliran permukaan.

Pengamatan erosi skala DAS (sedimen sungai)

Pada tahap awal dilakukan pengukuran kecepatan arus sungai Tugu Utara 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 dengan *mid section method* (Seyhan, 1977). *Rating curve* debit sungai ditentukan berdasarkan persamaan regresi (R^2 yang tinggi), uji F nyata, dan kewajaran di lapangan (Gaspersz, 1996).

Pengamatan sedimen dilakukan dengan cara melakukan pengambilan contoh sedimen dari

sungai Tugu Utara (Ciliwung Hulu) dan beberapa anak sungainya pada waktu awal terjadinya hujan, setiap kenaikan muka air sungai beberapa cm, sampai mencapai puncak banjir. Demikian juga pada waktu muka air sungai mulai menurun sampai mencapai ketinggian muka air seperti semula.

Pengamatan erosi pada setiap penggunaan lahan

Pengamatan erosi dilakukan setiap satu hari hujan dengan *soil pan* (ukuran 50 x 20 cm²) yang ditempatkan pada permukaan tanah tanpa pembatas petak di setiap penggunaan lahan. Posisi *soil pan* bagian depan sejajar dengan permukaan tanah dan menghadap ke arah lereng bagian atas (Hudson, 1993; Morgan, 1990).

Prediksi erosi dengan model AGNPS

Penentuan grid atau sel untuk seluruh sub DAS. Pembuatan arah aliran (*aspect*) menggunakan *Digital Elevation Model* (DEM) dan *PC RASTER-Map/Grid* berdasarkan peta Kontur 1:10.000.

Penentuan penggunaan lahan berdasarkan hasil analisis Landsat dan pemeriksaan lapangan. Nilai CP yang digunakan berdasarkan hasil penghitungan erosi aktual di sub DAS Tugu Utara, kecuali untuk nilai C hutan (0,001) dan tanaman teh (0,01) (NWMCP, 2000 dalam Sutono *et al.*, 2001; Abdurachman *et al.*, 1984 dan Rahardjo, 1982). Simulasi model menggunakan nilai CP jagung 0,18 dan panjang lereng 5 m.

Nilai *input* model lainnya seperti bilangan kurva (BK), koefisien Manning's (n), konstanta kondisi permukaan (SCC), dan faktor kebutuhan oksigen kimiawi (COD) diambil dari buku pedoman AGNPS (Young dan Onstad, 1990) dan Schwab *et al.* (1981). Sedangkan nilai tingkat pemupukan (FL) dan faktor ketersediaan pupuk (AF) diperoleh dari hasil wawancara dengan petani. Erodibilitas tanah (K), harga masukan tekstur tanah (STN), dan indikator saluran (CI) merupakan hasil pengamatan di lapangan.

Pengujian kecocokan model AGNPS

Kecocokan model diuji secara statistik dengan membandingkan prediksi erosi skala DAS hasil model AGNPS dengan hasil pengukuran di *outlet* sub DAS berdasarkan uji t (Dayan, 1984). Bila hasil pengujian menunjukkan adanya perbedaan yang nyata, maka model prediksi tidak cocok. Namun, bila hasil tidak berbeda nyata, maka model prediksi tersebut cocok dan dapat digunakan untuk memprediksi erosi skala DAS dan dapat dilanjutkan dengan simulasi model. Selain itu, dilakukan analisis regresi untuk menentukan keeratan hubungan dan persamaan penduganya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penerapan tindakan konservasi tanah berupa pembuatan guludan memotong lereng setiap panjang 5 m dan pembuatan bedengan memotong lereng pada pertanaman kacang kapri (curah hujan 567,8 mm), cesin (curah hujan 621,5 mm), mentimun (curah hujan 272,2 mm) maupun jagung (curah hujan 34 mm), dapat mengurangi erosi secara nyata (Tabel 1). Pengurangan panjang lereng dengan pembuatan guludan dan atau bedengan memotong lereng menyebabkan terjadinya pengurangan kecepatan dan jumlah aliran permukaan sehingga kekuatan pengangkutan tanah yang tererosi berkurang. Selain itu, tanah yang tererosi tertahan pada guludan yang memotong lereng sehingga erosi yang terukur pada *soil collector* juga berkurang.

Nilai CP terendah (yaitu 0,18) terjadi pada pertanaman jagung dengan perlakuan pembuatan bedengan searah kontur dan tanam rapat searah lereng (T5), demikian juga erosinya menunjukkan paling rendah yakni 0,7 t/ha. Erosi yang sangat rendah terjadi karena panjang lereng yang dipendekkan menjadi hanya 1,5 m (bedengan searah kontur). Selain itu curah hujan yang terjadi pada akhir musim hujan rendah hanya 34 mm. Nilai CP yang terendah selanjutnya digunakan untuk *input* model AGNPS.

Tabel 1. Pengaruh perlakuan konservasi tanah terhadap erosi pada pola tanam berurutan kacang kapri-cesin-mentimun-jagung

Table 1. Treatment effects on soil erosion of cesin-cucumber-maize pattern

Perlakuan yang diterapkan	Kacang kapri		Cesin		Mentimun		Jagung	
	Erosi	Faktor CP	Erosi	Faktor CP	Erosi	Faktor CP	Erosi	Faktor CP
	t/ha		t/ha		t/ha		t/ha	
Bera (T0)	40,3 a	1,0	14,8 a	1,0	12,9 a	1,0	3,6 a	1,0
Bedengan searah lereng + pertanaman rapat searah lereng (T1)	39,5 a	0,98	12,3 a	0,83	11,2 ab	0,86	3,5 b	0,96
Bedengan searah lereng + pertanaman rapat searah kontur (T2)	22,9 b	0,57	6,9 b	0,47	9,1 b	0,71	1,9 bc	0,53
Bedengan searah lereng, gulud setiap 5 m, pertanaman rapat searah lereng (T3)	12,6 b	0,31	4,4 c	0,30	7,5 b	0,58	1,3 c	0,37
Bedengan searah lereng, gulud setiap 5 m, pertanaman rapat searah kontur (T4)	13,9 b	0,34	4,0 c	0,27	6,1 b	0,47	1,0 c	0,28
Bedengan searah kontur, pertanaman rapat searah lereng (T5)	17,1 b	0,42	4,1 c	0,28	5,7 b	0,44	0,7 c	0,18
Bedengan searah kontur, pertanaman rapat searah kontur (T6)	13,1 b	0,32	3,8 c	0,26	6,7 b	0,51	0,9 c	0,25
LSD	10,57 (0,05)		2,29 (0,05)		3,72 (0,05)		0,54 (0,05)	

Keterangan:

CP adalah nilai factor tanaman dan konservasi tanah

Angka yang diikuti huruf dan kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf kepercayaan 5 persen.

Erosi pada lahan dan sedimen sungai (erosi skala DAS)

Erosi lahan dari *soilpan* (panci erosi) dan erosi sub DAS Tugu Utara (Ciliwung Hulu) 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 menunjukkan perbedaan. Hasil pengamatan erosi lahan dan sub DAS Tugu Utara 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 disajikan pada Tabel 2 dan Gambar 1.

Erosi lahan tertinggi terjadi pada sub DAS Tugu Utara 4 sebesar 1.285,57 kg/ha, diikuti oleh laju erosi pada sub DAS Tugu Utara 2, 3, 7, 5, 6, dan 1. Tingginya erosi lahan yang terjadi pada sub DAS Tugu Utara 4 pada areal seluas 11,875 ha (88 persen) disebabkan adanya penggunaan lahan yang sebagian besar terdiri atas tanaman pangan

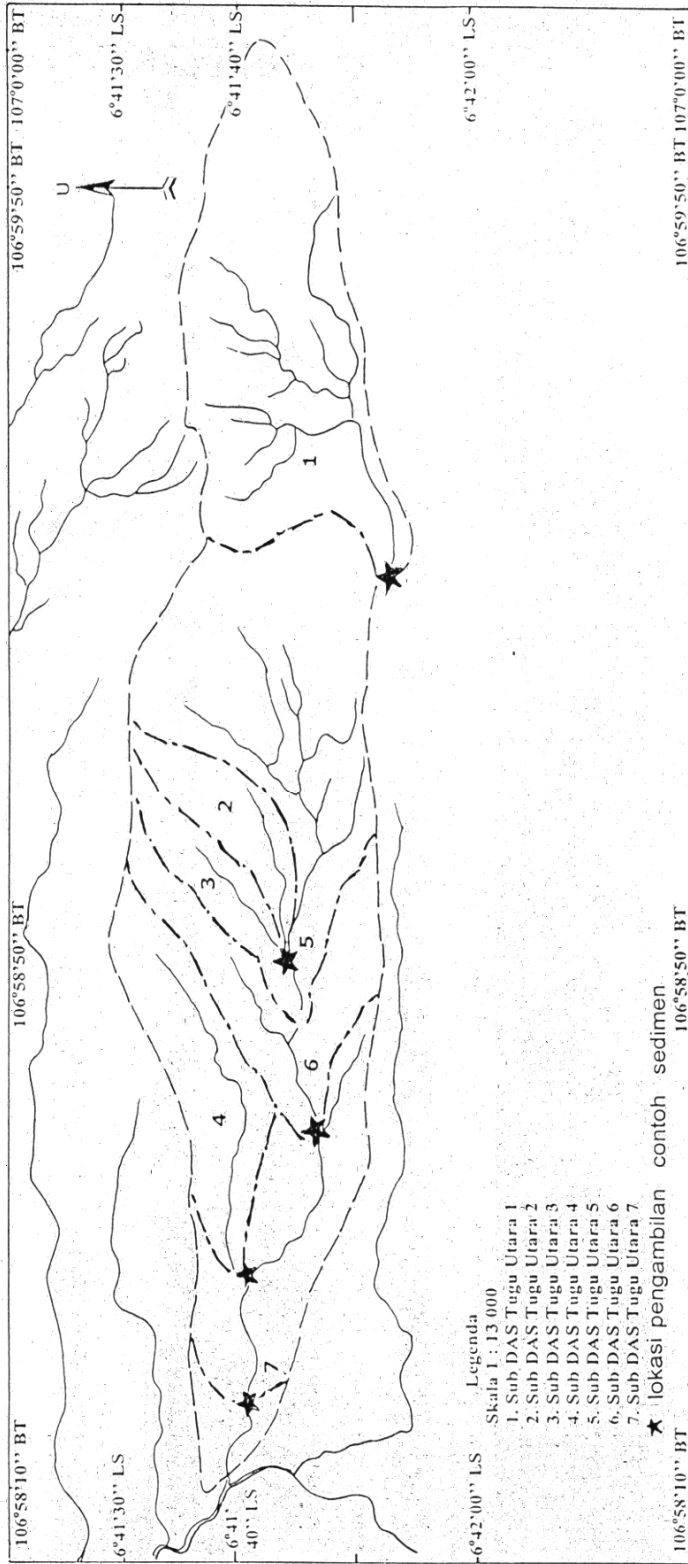
Tabel 2. Hasil erosi lahan dan sub DAS, serta nilai SDR di sub DAS Tugu Utara

Table 2. Lands and sub watershed erosions, and SDR values of the Tugu Utara sub watershed

Sub DAS	Luas	Erosi lahan *)	Erosi sub DAS *)	SDR
	ha	kg/ha	kg/ha	
TU 1	42,87	71,14	24,59	0,35
TU 2	6,12	786,75	502,67	0,64
TU 3	5,25	618,17	186,39	0,30
TU 4	13,50	1285,57	671,88	0,52
TU 5	91,00	262,50	60,28	0,23
TU 6	104,75	244,48	47,48	0,19
TU 7	158,89	444,78	212,92	0,48

SDR = *Sediment Delivery Ratio*; TU 1 = Tugu Utara 1

*) Erosi per 10 hari hujan adalah 10 kali hujan (hujan dalam satu hari) yang menyebabkan erosi lahan dan erosi skala sub DAS dari bulan Nopember 1999 sampai Januari 2000.



Gambar 1. Peta sub DAS Tugu Utara 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 serta lokasi sampling sedimen

Figure 1. Map of Tugu Utara 1, 2, 3, 4, 5, 6, and 7 sub watersheds, and sediment sampling points

dan sayuran dengan penerapan tindakan konservasi tanah yang jelek, dan ada lahan yang dibiarkan. Sedangkan areal hutan hanya seluas 1,375 ha (10 persen) dan kebun campuran dengan teras yang baik hanya seluas 0,25 ha (2 persen). Selain itu, koefisien aliran permukaan yang terjadi sebesar 0,17 (hasil perhitungan dari aliran permukaan yang terjadi), diduga cukup untuk mengangkut erosi lahan.

Perbedaan kemiringan lereng, panjang lereng, penggunaan lahan, erodibilitas, koefisien aliran permukaan, kekasaran permukaan, dan tindakan konservasi tanah yang diterapkan di sub DAS Tugu Utara 1 sampai 7 menyebabkan perbedaan erosi lahan. Seperti yang dikemukakan oleh Thompson (1957, dalam Arsyad, 1989) bahwa semakin panjang lereng akan menyebabkan semakin bertambah tanah yang tererosi. Ditambahkan oleh Arsyad (2000), Erfandi *et al.* (1988), dan Bonsu (1985) bahwa sifat-sifat fisik dan kimia tanah dari masing-masing sub DAS mempengaruhi jumlah tanah yang tererosi, serta pembuatan guludan dan penanaman strip rumput dapat mengurangi erosi dan aliran permukaan.

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa, perbedaan kondisi fisik dan erosi lahan sub DAS Tugu Utara (Ciliwung Hulu) 1 sampai 7 menyebabkan perbedaan sedimen sungai yang terukur di outlet sub DAS. Perbedaan-perbedaan kondisi fisik dan hidrologi sub DAS serta adanya hambatan di pinggir sungai berupa barisan pohon hasil penghijauan, pemukiman dan tanggul sungai, semuanya mempengaruhi erosi skala DAS atau sedimen sungai. Beberapa hasil penelitian yang menunjang dikemukakan oleh Kuhnle *et al.* (1996) dan Frangipane dan Paris (1994), bahwa perbedaan penggunaan lahan menyebabkan perbedaan hasil sedimen di outlet DAS (erosi skala DAS). Ditambahkan oleh Verbist (2001), Morris dan Fan (1998), serta Shen dan Julien (1992), jumlah sedimen yang masuk ke sungai akan berkurang bila di pinggir sungai terdapat banyak hambatan seperti adanya pemukiman, adanya penterasan dengan teras bangku, adanya cekungan atau kolam-kolam

seperti di sub DAS Tugu Utara. Adanya perbedaan hambatan tersebut mempengaruhi nilai *sediment delivery ratio* (SDR). Semakin banyak hambatan semakin rendah nilai SDR nya. Nilai SDR terendah terjadi di sub DAS Tugu Utara 6, yang mempunyai paling banyak hambatan di pinggir sungai seperti pemukiman, barisan tanaman tahunan hasil penghijauan, belukar, dan tanggul sungai.

Prediksi sedimen sungai dengan model AGNPS

Parameter *input* model AGNPS terdiri atas 2 bagian yaitu *input* untuk sub DAS dan *input* untuk sel. *Input* sub DAS adalah total hujan maksimum yaitu 25; 33,2; 12,6; 11,2; 21,6; 20; 23,6; 28,6; 18,4; dan 16,2 mm, serta energi intensitas hujan yaitu 5,80; 8,92; 1,93; 3,37; 17,95; 1,75; 19,51; 34,51; 10,48; dan 1,74. Contoh hasil penyusunan *input* model AGNPS di sub DAS Tugu Utara 7 yang merupakan akumulasi dari keseluruhan sub DAS Tugu Utara 1 sampai 6, disajikan pada Tabel 3.

Parameter input model AGNPS terdiri atas 16 parameter yaitu nomor sel (CN), nomor sel penerima (RCN), arah aliran (Arah), bilangan kurva (BK), faktor kemiringan lereng (S), bentuk lereng (SSF), faktor panjang lereng (L), koefisien kekasaran permukaan tanah (n), erodibilitas tanah (K), faktor tanaman dan tindakan konservasi tanah (CP), konstanta kondisi permukaan (SCC), harga masukan tekstur tanah (STN), tingkat pemupukan (FL), faktor ketersediaan pupuk (AF), faktor kebutuhan oksigen kimiawi (COD), indikator saluran (CI).

Hasil prediksi sedimen sungai Tugu Utara atau erosi skala DAS, disajikan pada Tabel 4. Prediksi sedimen sungai Tugu Utara 7 bervariasi tergantung kepada masukan data erosivitas hujan (EI30) dan jumlah hujan. Jumlah prediksi sedimen sungai Tugu Utara dari 10 kejadian hujan termasuk lebih rendah dari erosi yang dapat dibiarkan (*tolerable soil loss*). Hasil perhitungan dengan metode Hamer (1981) untuk erosi yang dapat dibiarkan di sub DAS Tugu Utara adalah sebesar 23,62 t/ha/th.

Tabel 3. Input sel model AGNPS untuk sub DAS Tugu Utara 7

Table 3. The model input for Tugu Utara 7 sub watershed

CN	RCN	Arah	BK	S	SSF	L	n	K	CP	SCC	STN	FL	AF	COD	CI
1	10	5	72	19,1	1	24	0,05	0,58	0,31	0,15	1	1	70	60	1
2	10	6	36	36,6	1	295	0,25	0,58	0,001	0,59	1	0	100	65	1
3	12	5	36	36,6	1	295	0,25	0,58	0,001	0,59	1	0	100	65	1
4	13	5	36	36,6	1	295	0,25	0,58	0,001	0,59	1	0	100	65	1
5	13	6	36	36,6	1	295	0,25	0,58	0,001	0,59	1	0	100	65	1
6	17	5	36	36,6	1	295	0,25	0,58	0,001	0,59	1	0	100	65	1
7	17	6	36	36,6	1	295	0,25	0,58	0,001	0,59	1	0	100	65	1
8	29	5	26	19,1	1	24	0,05	0,58	0,31	0,15	1	1	70	60	1
9	30	5	72	19,1	1	24	0,05	0,58	0,31	0,15	1	1	70	60	1
10	30	6	72	26,3	1	38	0,04	0,58	0,27	0,22	1	0	100	115	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
160	159	7	36	28,2	3	23	0,25	0,55	0,01	0,59	1	3	95	170	7

Keterangan :

CN = Nomor sel, RCN = nomor sel penerima, Arah = arah aliran dari sel satu ke sel lain, BK = Bilangan Kurva, S = faktor kemiringan lereng, SSF = bentuk lereng, L = faktor panjang lereng, n = koefisien Manning's, K = erodibilitas tanah, CP = faktor tanaman dan konservasi tanah, SCC = konstanta kondisi permukaan, STN = harga masukan tekstur tanah, FL = tingkat pemupukan, AF = faktor ketersediaan pupuk, COD = faktor kebutuhan oksigen kimiawi, CI = indikator saluran

Tabel 4. Hasil prediksi erosi lahan dan erosi sub DAS Tugu Utara 7 dengan model AGNPS

Table 4. Predicted and observed erosions of lands and Tugu Utara 7 sub watershed using AGNPS model

Curah hujan	EI30	Prediksi erosi lahan	Pengamatan erosi lahan	Prediksi erosi sub DAS	Pengamatan sedimen
mm		kg/ha			
25,00	5,80	172,97	22,0	8,06	15,13
33,20	8,92	271,81	144,0	23,66	38,57
12,60	1,93	74,13	20,0	1,38	3,92
11,20	3,37	148,26	13,0	2,77	3,91
21,60	17,95	716,59	10,0	25,43	7,56
20,00	1,75	0,90	44,0	0,19	27,65
23,60	19,51	1013,11	35,0	36,75	30,02
28,60	34,51	1235,50	130,0	71,75	75,25
18,40	10,48	593,04	16,0	13,22	6,26
16,20	1,74	0,40	11,0	0,06	4,39

Keterangan :

EI30 adalah Erosivitas hujan, merupakan perkalian energi kinetis dengan intensitas hujan tertinggi selama 30 menit (satuan energi kinetis adalah ton m/ha cm).

Untuk mengetahui kecocokan penggunaan model AGNPS dalam memprediksi sedimen dan erosi sub DAS Tugu Utara (Ciliwung Hulu), secara statistik dilakukan uji berpasangan antara sedimen sungai dan erosi hasil prediksi dengan hasil pengamatan menggunakan uji t student (Dayan, 1984). Uji berpasangan yang dilakukan terhadap sedimen sungai dan erosi berdasarkan 10 kejadian hujan menunjukkan perbedaan yang tidak nyata. Nilai t.hitung (-0,54) prediksi sedimen sungai lebih kecil dari pada t.tabel (2,101). Artinya prediksi sedimen dengan model AGNPS tidak berbeda dengan sedimen hasil pengamatan, jadi model AGNPS dapat digunakan untuk memprediksi sedimen sungai Tugu Utara. Selanjutnya ditentukan keeratan hubungannya dengan analisis regresi. Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa hubungan hasil pengukuran erosi skala sub DAS dengan prediksinya linier dengan akurasi (R²) 72 %.

Hasil pengujian prediksi erosi lahan dengan erosi lahan hasil pengamatan di sub DAS Tugu Utara 7 menunjukkan perbedaan yang nyata. Nilai t.hitung (2,80) lebih besar dari pada t tabel

(2,101), artinya prediksi erosi lahan dengan model AGNPS berbeda dengan erosi hasil pengamatan, sehingga model AGNPS tidak cocok untuk memprediksi erosi lahan.

Simulasi perubahan penggunaan lahan dan panjang lereng

Simulasi model AGNPS untuk erosi skala sub DAS dilakukan berdasarkan hasil penelitian erosi petak kecil yaitu menggunakan nilai CP terendah hasil pertanaman jagung (0,18) dan panjang lereng 5 m. Panjang lereng tersebut merupakan perlakuan tindakan konservasi tanah yang diterapkan berupa pembuatan guludan setiap 5 m. Simulasi model AGNPS yang diterapkan adalah penggunaan lahan yang ditanami tanaman ubi kayu (CP = 0,32), ubi jalar (CP = 0,26), tanah terbuka dteras petani (CP = 0,37), wortel (CP = 0,31) dan ubi manis (CP = 0,37). Hasil simulasi model AGNPS disajikan pada Tabel 5.

Hasil pengujian secara statistik antara prediksi sedimen menggunakan model AGNPS

Tabel 5. Simulasi faktor tanaman dan panjang lereng model AGNPS terhadap erosi sub DAS Tugu Utara

Table 5. Simulated crop and slope factors for use in AGNPS model to estimate soil erosion of Tugu Utara sub watershed

Curah hujan	EI30	Prediksi erosi sub DAS		Penurunan
		AGNPS	Simulasi	
mm		kg/ha		%
25,00	5,80	8,06	5,48	43,75
33,20	8,92	23,66	15,73	46,48
12,60	1,93	1,38	1,01	36,36
11,20	3,37	2,77	2,01	26,09
21,60	17,95	25,43	17,31	44,92
20,00	1,75	0,19	0,19	96,00
23,60	19,51	36,75	24,99	44,87
28,60	34,51	71,75	47,39	47,01
18,40	10,48	13,22	9,57	40,28
16,20	1,74	0,06	0,06	36,84

Keterangan :

EI₃₀ adalah erosivitas hujan (intensitas hujan maksimum selama 30 menit yang menyebabkan terjadinya erosi lahan). Model AGNPS yang disimulasi adalah ubi kayu (CP = 0,32), ubi jalar (CP = 0,26), tanah terbuka dteras petani (CP = 0,37), wortel (CP = 0,31) dan ubi manis (CP = 0,37). Simulasi model yang diterapkan adalah nilai CP = 0,18.

dengan prediksi hasil simulasi menunjukkan perbedaan yang nyata. Nilai t hitung (3,15) lebih besar dari t tabel (2,10). Artinya apabila sistem pertanian tanaman pangan dapat diperbaiki atau indikator faktor CP dapat diturunkan mencapai 0,18, dan panjang lereng dikurangi menjadi hanya 5 m, maka akan terjadi penurunan sedimen secara nyata. Penurunan sedimen yang nyata tersebut diduga karena pertanian tanaman pangan yang merupakan penyebab erosi lahan terbesar dan sumber sedimen dapat ditekan menjadi rendah. Areal tanaman pangan yang dilakukan simulasi seluas 45,89 ha atau 28,88 persen dari luas sub DAS Tugu Utara (158,89 ha). Areal tanaman pangan di daerah ini merupakan penyebab erosi lahan yang cukup luas.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dikemukakan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Model AGNPS dapat digunakan untuk memprediksi erosi sub DAS Tugu Utara (Ciliwung Hulu) (sedimen sungai) dengan masukan model, jumlah hujan, erosivitas hujan, bilangan kurva aliran permukaan, kemiringan lereng, faktor bentuk lereng, panjang lereng, koefisien kekasaran Manning, erodibilitas tanah, faktor CP, konstanta kondisi permukaan, tekstur tanah, indikator saluran, dan pemupukan.
2. Simulasi model dengan faktor tanaman dan konservasi 0,18 dan panjang lereng 5 m, dapat menurunkan prediksi erosi skala sub DAS (sedimen sungai) secara signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

Abdurachman A., S. Abujamin, dan U. Kurnia. 1984. Pengelolaan Tanah dan Tanaman untuk Usaha Konservasi Tanah. Pemberitaan Penelitian Tanah dan Pupuk No. 3: 7-12.

Arsyad, S. 2000. Konservasi Tanah dan Air. Cetakan ke Dua. Penerbit IPB (IPB Press). Bogor.

Bingner, R.L. 1990. Comparison of the Components Used in Several Sediment Yield Models. Soil and Water Div. of ASAE. Vol.33 (4): 1229-1239.

Bonsu, M. 1985. Organic Residues for Less Erosion and More Grain in Ghana. *In* SA. El-Swaify, WC. Moldenhauer, and K.F.A.Lo (Eds) Soil Erosion and Conservation. Soil Conservation Society of America. p: 615-621.

Carson, B. 1989. Soil Conservation for Upland Areas of Indonesia. East-West Environment and Policy Institute Occasional Paper No.9.

Dayan, A. 1984. Pengantar Metode Statistika. Jilid II. LP3ES.

Dickinson, and R. Collins. 1998. Predicting Erosion and Sediment Yield at the Catchment Scale *In* Vries PD, Agus F, Kerr J (Eds) Soil Erosion at Multiple Scales. Principles and Methods for Assessing Causes and Impacts. CABI. Publishing. p: 317-342.

Erfandi, D., Suwardjo, dan A. Rachman. 1988. Penelitian Pencegahan Erosi Dengan Teras Gulud di Kuamang Kuning, Jambi *Dalam* Adiningsih *et al.* editor Hasil Penelitian Pola Usahatani Terpadu di Daerah Transmigrasi Kuamang Kuning, Jambi. Pusat Penelitian Tanah dan Departemen Transmigrasi. hlm: 97-103.

Frangipane, A and E. Paris. 1994. Long Term Variability of Sediment Transport in the Ombrone River Basin (Italy). *In* Olive LJ, Loughran RJ, Kesby JA, (Eds). Variability in Stream Erosion and Sediment Transport. IAHS Publication No. 224. p:317-324.

Gaspersz, V. 1996. Metode Perancangan Percobaan. Penerbit ARMICO.

Guluda, D.R. 1996. Penggunaan Model AGNPS untuk Memprediksi Aliran Permukaan, Sedimen, dan Hara N, P dan COD di Daerah Tangkapan Citere, sub DAS Citarik, Pangalengan (tesis Magister). Fakultas Pascasarjana, IPB-Bogor.

Hamer, W.I. 1981. Second Soil Conservation Consultant Report. Departemen Pertanian, UNDP dan FAO.

- Hashim, G.M., K.J. Coughlan, and J.K. Syers. 1998.** On-site Nutrient Depletion: An Effect and A Cause of Soil Erosion *In* Vries PD, Agus F, Kerr J, (Eds) Soil Erosion at Multiple Scales. Principles and Methods for Assessing Causes and Impacts. CABI. Publishing. p: 207-221.
- Hudson, N. 1993.** Field Measurement of Soil Erosion and Runoff. FAO Soil Bulletin 68. Rome.
- Kinnell, P.I.A and L.M. Risse. 1998.** USLE-M: Empirical Modeling Rainfall Erosion through Runoff and Sediment Concentration. Soil Sci. Soc. Am. J. 62(6):1667-1671.
- Kuhnle, R.A., R.L. Binger, G.R. Foster, and E.H. Grissinger. 1996.** Effect of Land Use Changes on Sediment Transport in Goodwin Creek. Water Resources Research. 32(10): 3189-3196.
- Lal, R. 1998.** Agronomic Consequences of Soil Erosion. *In* Vries PD, Agus F, Kerr J, (Eds). Soil Erosion at Multiple Scales. Principles and Methodes for Assessing Causes and Impacts. CABI. Publishing. hlm 149-160.
- Lo, K.F.A. 1995.** Erosion Assessment of Large Watersheds in Taiwan. Journal of Soil and Water Conservation. 50 (2): 180-183.
- Morgan, R.P.C. 1990.** Soil Erosion and Conservation. Longman Scientific and Technical. Copublished in the United States with John Wiley and Sons, Inc, New York.
- Morris, G.L and J. Fan. 1998.** Reservoir Sedimentation Handbook. Design and Management of Dams, Reservoirs, and Watersheds for Sustainable Use. McGraw-Hill. New York.
- Rahardjo, P. 1982.** Survei Erosi Perkebunan Teh Pasir Nangka dan Penyairan. Prosiding Simposium Teh IV, Volume 1. Semarang, 16-17 Nopember 1982.
- Schwab, G.O, R.K. Frevert, T.W. Edmister, and K.K. Barnes. 1981.** Soil and Water Conservation Engineering. Third Edition. John Wiley and Sons. New York.
- Seyhan, E. 1977.** Dasar Dasar Hidrologi. Subagyo S, penerjemah. Gadjah Mada University Press. Fundamental of Hydrology.
- Shen, H.W. and P.Y. Julien. 1992.** Erosion and Sediment Transport. *In* Maidment DR (Eds) Handbook of Hydrology. McGraw Hill. INC. New York. hlm 12.1-12.61.
- Soekardi, M., D. Djaenudin, K. Nugroho, dan Lukman. 1996.** Kerangka Acuan Survei Tanah Semi Detail Daerah Prioritas. Versi 4.0. *Dalam* Hardjowigeno, S. dan U. Wood-Sichra, (Eds). Second Land Resource Evaluation and Planning Project. ARCADIS Euroconsult, PT. Andal Agrikarya Prima.
- Sutono, S., H. Kusnadi, dan M.S. Djunaedi. 2001.** Pendugaan Erosi pada Lahan Sawah dan Lahan Kering Sub DAS Citarik dan Garang *Dalam* F. Agus, U. Kurnia, AR Nurmanaf (Eds) Prosiding Multifungsi Lahan Sawah. Puslitbang Tanah dan Agroklimat dan ASEAN Secretariat MAFF Japan. hlm 79-92.
- Suwardjo. 1981.** Peranan Sisa-Sisa Tanaman Dalam Konservasi Tanah dan Air pada Usahatani Tanaman Semusim. Disertasi Doktor, Fakultas Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Van Noordwijk, M., M.V. Roode, E.L. Mc Callie, and B. Lusiana. 1998.** Erosion and Sedimentation as Multiple Scale Fractal Processes: Implication for Models, Experiments, and Real World. *In* Vries, P.D., F. Agus, J. Kerr (Eds). Soil Erosion at Multiple Scales. Principles and Methods for Assessing Causes and Impacts. CABI. Publishing. hlm 223-253.
- Verbist, B. 2001.** Watershed Management, GIS, and Environmental Indicators: Case Study of Sumberjaya, Lampung, Sumatera, Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor. (tidak dipublikasi)
- Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. 1978.** Predicting Rainfall Erosion Losses. A Guide to Conservation Planning. USDA. Agricultural Handbook No. 537.
- Young, R.A. and C.A. Onstad. 1990.** AGNPS (Agricultural Non-Point Source Pollution Model). User's Guide Version 3.51. USDA. ARS, Morris, Minnesota.

