

## PENGUNAAN MODEL SKALA DAS DALAM RANGKA PENGELOLAAN LAHAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI KONSERVASI PENANAMAN STRIP DAN AGROFORESTRI

Rahmah Dewi Yustika<sup>1</sup>, Suria Darma Tarigan<sup>2</sup>,  
Yayat Hidayat<sup>2</sup> dan Untung Sudadi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar no.12 Cimanggu Bogor

<sup>2</sup>Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

rd\_yustika@litbang.deptan.go.id

### ABSTRAK

Manajemen pengelolaan lahan diperlukan agar lahan pertanian dapat dipergunakan secara lestari dan berkesinambungan. Penggunaan lahan secara intensif harus dikelola dengan benar agar terhindar dari degradasi lahan yang dapat menyebabkan meningkatnya aliran permukaan. Model SWAT (Soil and Water Assessment Tool) dapat mensimulasikan pengelolaan lahan pada suatu DAS. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui dampak dari penanaman strip dan agroforestri terhadap aliran permukaan di sub DAS Ciliwung Hulu. Metode yang digunakan meliputi pengumpulan data, pengolahan data input dan penggunaan model SWAT. Berdasarkan hasil yang didapatkan dengan model SWAT, pengelolaan lahan di kebun campuran dan tegalan/ ladang dengan teknik konservasi penanaman strip dapat menurunkan aliran permukaan sebesar 74,52% dan penggunaan aplikasi agroforestri di perkebunan teh dapat menghambat aliran permukaan hingga 56,31%. Kombinasi teknik konservasi penanaman strip dan agroforestri dapat menurunkan aliran permukaan sebesar 50,55%.

Kata kunci: agroforestri, aliran permukaan, penanaman strip, SWAT

### PENDAHULUAN

Karakteristik hidrologi suatu DAS dapat dipengaruhi oleh pengelolaan lahan pertanian. Manajemen pengelolaan lahan diperlukan agar lahan pertanian dapat dipergunakan secara lestari dan berkesinambungan (*sustainable*). Park *et al.* (1994) menyebutkan keefektifan Pengelolaan Lahan Terbaik (*Best Management Practice*) dapat diketahui dari faktor aliran permukaan, erosi dan hara. Faktor tersebut akan dicerminkan oleh nilai run-off *curve number*, total konsentrasi padatan terlarut (*suspended solids*) dan jumlah N dan P.

Teknik konservasi tanah berfungsi menjaga agar tanah dapat terlindungi dari kejadian erosi yang mengangkut partikel-partikel tanah di atas permukaan tanah melalui aliran permukaan. Berbagai teknologi konservasi tanah vegetatif (*strip cropping*, *alley cropping*) dan mekanik (teras, gulud, saluran pengelak) pada lahan pertanian dapat diaplikasikan untuk menjaga dan memperbaiki kualitas tanah. Haryati *et al.* (1991) mengemukakan bahwa sistem budidaya lorong dapat efektif menahan laju erosi.

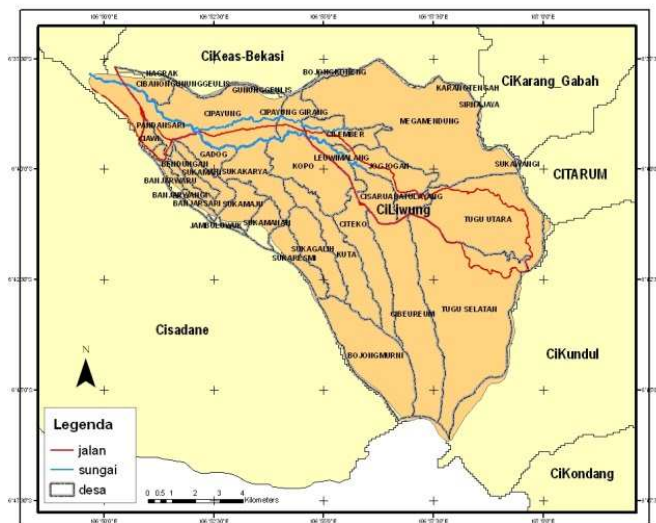
Prediksi akibat manajemen pengelolaan lahan dapat dilakukan dengan menggunakan model. Model merupakan replika sistem dengan perbandingan tertentu, sesuatu yang mengandung hubungan empiris, atau seri persamaan matematis atau statistik yang menggambarkan hubungan dalam suatu sistem (Indarto 2012). Model merupakan alat yang digunakan untuk mempelajari hubungan antar parameter di dalam suatu sistem. *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT) adalah model prediksi untuk skala daerah aliran sungai (DAS) yang dikembangkan oleh Dr. Jeff Arnold untuk USDA ARS (Neitsch *et al.* 2005).

SWAT dapat digunakan untuk memprediksi dampak pengelolaan lahan terhadap hidrologi di suatu DAS, misalnya dalam memprediksi aliran permukaan (Santra dan Das 2013). SWAT juga dapat diaplikasikan untuk mengetahui pengaruh pengelolaan lahan terhadap kualitas dan kuantitas air (Ullrich dan Volk 2009). Tujuan penelitian ini adalah mengetahui dampak dari penanaman strip dan agroforestri terhadap aliran permukaan di sub DAS Ciliwung Hulu.

## BAHAN DAN METODE

### Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di sub DAS Ciliwung Hulu yang terletak pada posisi geografis  $6^{\circ}37' - 6^{\circ}46' \text{ LS}$  dan  $106^{\circ}50' - 107^{\circ}00' \text{ BT}$  dengan luasan 14.325,8 ha. Lokasi penelitian sub DAS Ciliwung Hulu meliputi 5 wilayah kecamatan yaitu Bogor Timur, Ciawi, Sukaraja, Megamendung dan Cisarua.



Gambar 1 Peta lokasi penelitian Sub DAS Ciliwung Hulu

## Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

- Penggunaan data iklim harian tahun 2006-2011 meliputi penyinaran matahari, temperatur dan kecepatan angin yang diperoleh dari Balai Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah II Citeko.
- Data curah hujan harian tahun 2006-2011 stasiun Citeko, Gunung Mas dan Gadog yang diperoleh dari Balai Pendayagunaan Sumberdaya Air Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane dan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Darmaga.
- Peta Tanah Semidetil skala 1:50.000 Pusat Penelitian Tanah 1992, data sifat tanah hasil pengambilan contoh tanah dan literatur (Soekardi dan Djaenudin 1987, Subardja dan Buurman 1980)
- Koleksi data peta DEM (*Digital Elevation Model*) menggunakan resolusi spasial 30x30 m.
- Data pendukung lainnya yaitu data debit harian tahun 2006-2011 pada outlet Katulampa di Sub DAS Ciliwung Hulu diperoleh dari Balai Pendayagunaan Sumberdaya Air Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane.
- Analisis data menggunakan *software* ArcSWAT ver 2009.93.7b, SWAT CUP 4.3.7, *SWAT Plot and Graph*.

## Metode

### *Tahapan dalam menggunakan model SWAT:*

#### *Pengumpulan data*

Data tanah diperoleh melalui pengambilan contoh tanah, peta tanah dan literatur. Data lain yang juga diperlukan yaitu data iklim dari Balai Pendayagunaan Sumberdaya Air Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane (PSDA) dan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Citeko dan Darmaga. Data hidrologi (debit) diperoleh dari Balai Pendayagunaan Sumberdaya Air Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane (PSDA).

### *Penyusunan Model SWAT*

Tahapan dalam penyusunan model SWAT, yaitu: delineasi sub DAS, analisis HRU (*Hidrology Response Unit*), input data iklim, dan kalibrasi model. Untuk delineasi sub DAS dibutuhkan input data DEM. Selain itu, data input penggunaan lahan, tanah dan lereng diperlukan untuk pembuatan HRU.

### *Simulasi dengan model SWAT*

Data yang dipilih untuk disimulasikan yaitu data tahun 2009. Teknik konservasi yang akan disimulasikan yaitu penanaman strip dan agroforestri. Hasil simulasi model dapat dilihat pada menu *Read SWAT Output* atau menggunakan *SWAT Plot and Graph*.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Aliran permukaan**

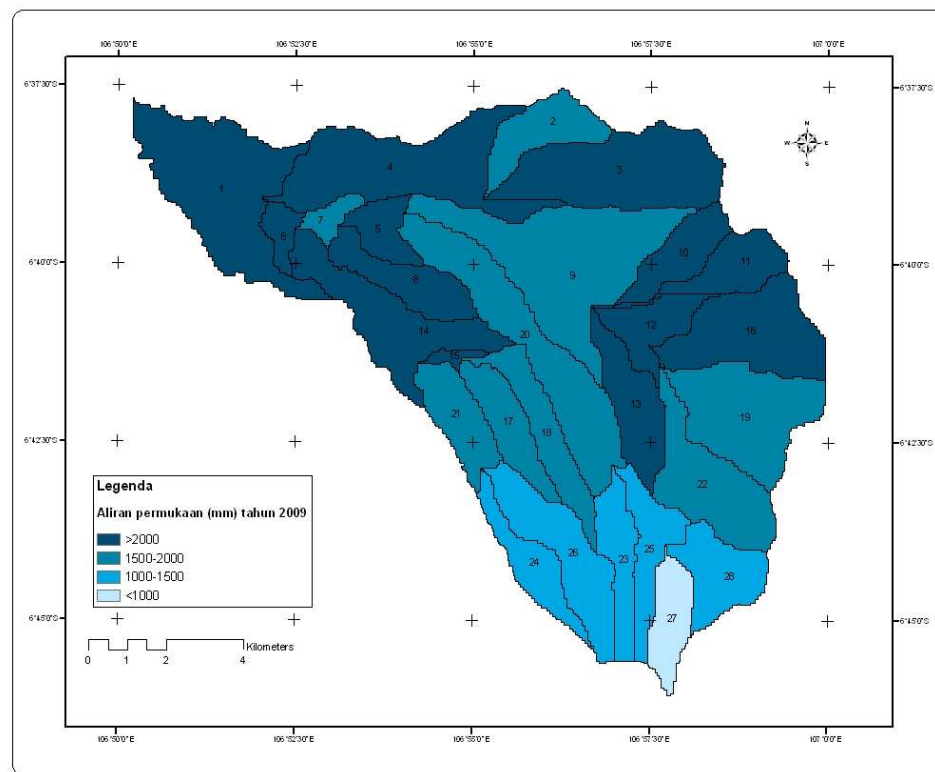
Air hujan yang jatuh dapat mengalami berbagai proses, yaitu intersepsi (ditangkap oleh tajuk tanaman), jatuh di permukaan tanah kemudian meresap ke dalam tanah melalui proses infiltrasi dan sebagian menjadi aliran permukaan. Pada proses infiltrasi, ada sebagian air yang menjadi aliran bawah permukaan dan yang lainnya akan masuk ke lapisan tanah yang lebih dalam melalui proses perkolasi.

Aliran permukaan terjadi bila intensitas hujan yang besar melebihi laju infiltrasi. Faktor yang mempengaruhi aliran permukaan, antara lain: (a) curah hujan: jumlah, intensitas dan distribusi, (b) temperatur, (c) tanah: tipe, jenis substratum dan topografi (tanah berpasir akan mempunyai laju aliran permukaan yang lebih rendah dibandingkan dengan tanah berliat), (d) luas daerah aliran, (e) tanaman/tumbuhan penutup tanah dan (f) sistem pengelolaan tanah (Arsyad 2010).

Aliran permukaan dapat menyebabkan erosi yang dapat mengangkut partikel-partikel tanah yang mengandung unsur hara dan kandungan sedimen dalam aliran sungai mengindikasikan kondisi lingkungan DAS. Untuk memprediksi besar aliran permukaan yang dihasilkan oleh sub DAS Ciliwung

hulu dilakukan dengan menggunakan model SWAT, yang telah dikalibrasi dengan nilai R 0,80 dan NSE 0,55. Hasil validasi model SWAT pada DAS lain dapat menghasilkan nilai R 0,88 dan NSE 0,74 (Yustika *et al.* 2012).

Berdasarkan hasil simulasi, sub sub DAS nomor 1 sampai dengan 21 mempunyai aliran permukaan lebih tinggi dibandingkan dengan sub sub DAS lainnya (nomor 22-28). Penggunaan lahan yang dominan pada sub sub DAS nomor 1-21, yaitu kebun campuran, tegalan/ ladang dan perkebunan teh. Pada sub sub DAS nomor 22-28 penggunaan lahan yang dominan yaitu hutan primer, hutan sekunder dan tegalan/ ladang. Gambar 2 menunjukkan bahwa aliran permukaan tahun 2009 yang lebih besar dari 2000 mm terdapat pada sub sub DAS nomor 1, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15 dan 16.



Gambar 2 Distribusi aliran permukaan pada Sub DAS Ciliwung Hulu (Simulasi SWAT dengan data tahun 2009)

## Aplikasi Konservasi

Jenis konservasi tanah dan air dapat diklasifikasikan menjadi dua cara , yaitu konservasi mekanik dan konservasi vegetatif. Teknik konservasi tanah dan air vegetatif meliputi tindakan konservasi yang menggunakan tumbuh-tumbuhan (vegetasi), baik tanaman legum yang menjalar, semak atau perdu, maupun pohon dan rumput-rumputan serta tumbuh-tumbuhan lain. Teknik konservasi vegetatif meliputi agroforestri, penanaman strip, tumpang sari, tumpang gilir, *alley cropping* (budidaya lorong) dan penanaman *cover crop* seperti mukuna, *Centrocema Pubecens* serta penanaman rumput. Teknik konservasi mekanik akan berpengaruh maksimum apabila dikombinasikan dengan teknik konservasi vegetatif (Haryati *et al.* 1989, Tala'ohu *et al.* 1992).

Diharapkan dengan penerapan teknologi konservasi tanah dan air pada kebun campuran, lahan tegalan dan perkebunan teh maka jumlah aliran permukaan dapat berkurang. Simulasi pengelolaan lahan pada kebun campuran dan tegalan dilakukan pada tahun 2009 dengan teknologi konservasi penanaman menurut strip (*strip cropping*). Pada penggunaan lahan perkebunan teh dilakukan teknologi konservasi tanah agroforestri. Simulasi model dengan teknik penanaman strip dan agroforestri dilakukan pada sub sub DAS nomor 1-21 karena mempunyai aliran permukaan yang tinggi. Penggunaan lahan hutan (primer dan sekunder) pada sub sub DAS nomor 22-28 tidak dilakukan simulasi karena aliran permukaan relatif lebih rendah.

Penanaman strip (*strip cropping*) adalah merupakan suatu sistem konservasi tanah dan air secara vegetatif yang menanam beberapa jenis tanaman dalam strip yang berselang-seling pada sebidang tanah pada kurun waktu yang sama dan disusun memotong lereng atau menurut garis kontur. Pola tanam yang diaplikasikan harus disesuaikan dengan ketersediaan air dan persyaratan tumbuh tanaman untuk menghindari pengaruh kompetisi dan gangguan hama dan penyakit. Penerapan teknik konservasi ini selain dapat mengurangi aliran

permukaan juga meningkatkan intensitas tanaman, menghasilkan sisa tanaman sebagai bahan organik yang berfungsi dalam menyuplai unsur hara dan mengurangi evaporasi tanah.

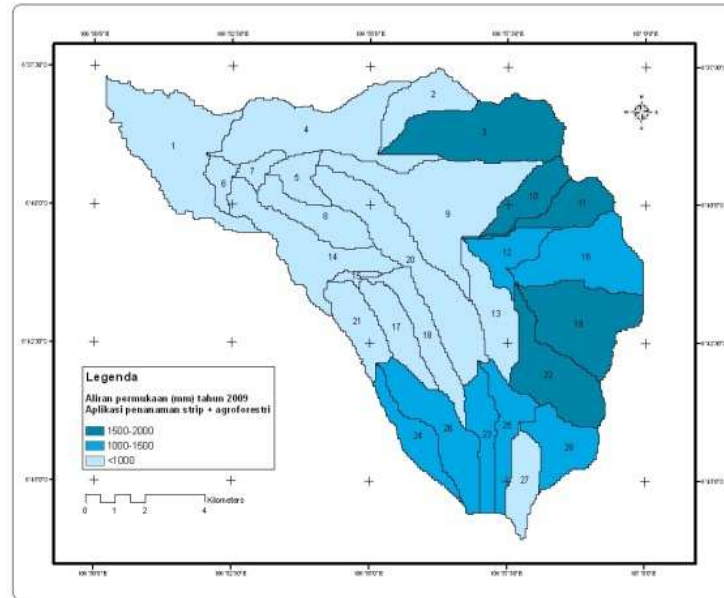
Agroforestri merupakan salah satu teknik konservasi tanah vegetatif yang menggabungkan antara tanaman pepohonan atau tanaman tahunan dengan tanaman komoditas lain yang ditanam secara bersama-sama ataupun bergantian (Subagyo *et al.* 2004). Melalui penerapan agroforestri diharapkan aliran permukaan dan erosi yang terjadi dapat berkurang. Tanaman pepohonan mempunyai luas tajuk daun yang relatif lebih besar dan dapat mengkonversi energi kinetik air hujan menjadi aliran batang (*stemflow*) dan aliran tembus (*throughfall*) sehingga aliran permukaan akan berkurang.

Besaran aliran permukaan setelah penerapan teknik konservasi dapat dilihat pada Tabel 1. Penerapan teknik konservasi penanaman strip dapat menghambat aliran permukaan hingga 74,52%. Kombinasi penerapan teknologi konservasi tanah penanaman strip di lahan kebun campuran dan agroforestri di lahan perkebunan teh pada sub sub DAS nomor 12 dapat menghambat aliran permukaan 50,55%. Penggunaan aplikasi agroforestri di perkebunan teh dapat menghambat aliran permukaan hingga 56,31%. Jumlah sub sub DAS yang memiliki aliran permukaan kurang dari 1000 mm setelah aplikasi penanaman strip dan agroforestri pada tahun 2009 sebanyak 15 sub sub DAS (Gambar 3). Penerapan teknik konservasi ini menyebabkan tidak terdapat sub sub DAS yang memiliki aliran permukaan lebih besar dari 2000 mm.

Tabel 1. Perbandingan aliran permukaan sebelum dan sesudah dilakukan konservasi tanah dan air pada sub DAS Cimanuk Hulu

No sub sub DAS	Penggunaan Lahan	Luas (ha)	Aliran permukaan sebelum aplikasi konservasi (mm)	Aliran permukaan setelah aplikasi konservasi (mm)		
				Penanaman strip	Agroforestri	Penanaman strip + Agroforestri
1	Kebun campuran	1.167,75	2.260,93	615,44		
2	Teh	366,30	1.709,22		746,69	
3	Hutan sekunder, teh	962,19	2.384,43		1.644,20	
4	Kebun campuran	1.055,34	2.269,18	611,11		
5	Kebun campuran, Tegalan/Ladang	212,49	2.264,93	614,50		
6	Kebun campuran, Tegalan/Ladang	119,70	2.255,15	606,57		
7	Permukiman, Tegalan/Ladang	103,41	1.751,96	940,59		
8	Kebun campuran	376,83	2.251,86	582,96		
9	Permukiman, Tegalan/Ladang	1302,48	1.960,69	899,78		
10	Hutan sekunder, teh	320,13	2.379,14		1.700,43	
11	Hutan sekunder, teh	328,95	2.384,41		1.679,74	
12	Kebun campuran, teh	298,44	2.374,69			1.174,29
13	Kebun campuran	423,27	2.213,46	973,69		
14	Kebun campuran	704,52	2.243,70	571,60		
15	Kebun campuran	45,90	2.308,15	638,72		
16	Teh	742,05	2.360,69		1.198,06	
17	Kebun campuran, Tegalan/Ladang	333,99	1.658,06	639,48		
18	Kebun campuran, Tegalan/Ladang	400,41	1.704,43	655,46		
19	Hutan sekunder, teh	525,85	1.930,00		1.661,95	
20	Kebun campuran	972,99	1.969,75	642,90		
21	Kebun campuran, Tegalan/Ladang	352,35	1.628,46	648,49		
22	Hutan sekunder, Tegalan/Ladang	647,64	1.594,22			
23	Hutan primer, Tegalan/Ladang	328,32	1.394,72			
24	Hutan sekunder, Tegalan/Ladang	310,05	1.090,52			
25	Hutan sekunder, Tegalan/Ladang	344,52	1.223,59			
26	Hutan sekunder, Tegalan/Ladang	600,21	1.156,93			
27	Hutan sekunder	289,17	907,69			
28	Hutan sekunder	404,46	1.333,49			





Gambar 3. Hasil simulasi prediksi aliran permukaan (mm) setelah aplikasi penanaman strip dan agroforestri pada sub DAS Cimanuk Hulu

Aplikasi teknik konservasi pada DAS dapat menghambat laju aliran permukaan dan memperbesar kesempatan air meresap ke dalam tanah yang akan menjadi simpanan air tanah. Selain itu dengan meresapnya air ke dalam tanah juga akan mendukung lingkungan tanah untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil prediksi yang didapatkan dengan model SWAT pada sub DAS Ciliwung Hulu, khususnya lahan kebun campuran dan tegalan/ ladang dengan teknik konservasi penanaman strip dapat menurunkan aliran permukaan hingga sebesar 74,52% dan penggunaan aplikasi agroforestri di perkebunan teh dapat menghambat aliran permukaan hingga 56,31%. Kombinasi teknik konservasi penanaman strip dan agroforestri dapat menurunkan aliran permukaan sebesar 50,55%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press.
- Haryati U, Haryono, Aburachman A. 1995. Pengendalian erosi dan aliran permukaan serta produksi tanaman pangan dengan berbagai teknik konservasi pada tanah Typic Eutropept di Ungaran, Jawa Tengah. *Pembrit Penelitian Tanah dan Pupuk* 13:40-50.
- Haryati U, Rachman A, Sulaeman Y, Prasetyo T, Abdurachman A. 1991. Tingkat erosi, hasil tanaman pangan dan daya dukung ternak dalam sistem pertanian lorong. Di dalam: *Risalah Lokakarya Hasil Penelitian P3HTA/UACP-FSR*; Bandung, 25-26 Februari 1991. P3HTA. Badan Litbang Pertanian.
- Indarto. 2012. *Hidrologi, Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Neitsch SL, Arnold JG, Kiniry JR, Williams JR. 2005. *Assessment Tool Theoretical Documentation. Version 2005*. Temple, Texas. Grassland, Soil and Water Research Laboratory. Agricultural Research Service.
- Park SW, Mostaghimi S, Cooke RA, McClellan PW. 1994. BMP impacts on watershed runoff, sediment and nutrient yields. *Water Resources Bulletin* 30 (6): 1011-1023.
- Santra P, Das BS. 2013. Modelling runoff from an agricultural watershed of western catchment of Chilika lake through ArcSWAT. *Journal of Hydro-environment Research*. 7: 261-269.
- Soekardi M, Djaenudin D. 1987. Hubungan perkembangan tanah dengan daya dukungnya: Kasus daerah antara Puncak dan Jakarta. *Pembrit Tanah dan Pupuk* 7: 24-30.
- Subagyono K, Marwanto S, Kurnia U. 2004. *Teknik Konservasi Tanah Secara Vegetatif*. Balai Penelitian Tanah.
- Subardja, Buurman P. 1980. A toposequence of Latosols on volcanic rocks in the Bogor-Jakarta area. Di dalam: Buurman P, editor. *Red Soils in Indonesia*. Wageningen: Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Hlm 25-48.
- Tala'ohu SH, Abdurachman A, Suwardjo H. 1992. Pengaruh teras bangku, teras gulud, slot mulsa Flemingia dan strip rumput terhadap erosi hasil tanman dan ketahanan tanah Tropudult di sitiung. Di dalam: *Prosiding Pertemuan Teknis Penelitian Tanah Bidang: Konservasi Tanah dan Air*. Bogor, 22-24 Agustus 1989. Puslitbangtanak, Bogor. hlm 79-89.
- Ullrich A, Volk M. 2009. Application of Soil and Water Assessment Tool (SWAT) to predict the impact of alternative management practices on water quality and quantity. *Agricultural Water Management* .96: 1207-1217.
- Yustika RD, Tarigan SD, Hidayat Y, Sudadi U. 2012. Simulasi manajemen lahan di DAS Ciliwung Hulu menggunakan model SWAT. *Informatika Pertanian*.21(2):71-79.