

ARAHAN KONSERVASI DAS DENGAN MODEL AGNPS : STUDI KASUS PADA DAS BILA BULU CENDRANAE

Melly Lukman¹⁾, Eko Susanto²⁾

¹⁾Dosen Fakultas Teknik Sipil, UKI Paulus Makassar

Jl. P. Kemerdekaan KM-13, Daya - Makassar

E-mail : mellylukman@yahoo.com

²⁾Staf Teknik, PT. Citratirasa Konsultan

Jl.S. Mapilly No. 12 - Makassar

Diterima : 28 April 2008; Disetujui : 15 Desember 2008

Abstract

Soil and water conservation activities in a watershed must be monitored, so that results in watershed management are known. The activities are to be implemented using an accurate method for evaluating the impact of conservation activities in accordance with the improvement of watershed condition. Evaluation of watershed condition should use hydrology parameters measured at the outlet of a watershed, and be explained quantitatively as a result of direct measurement. Such kind of evaluation can be used if appropriate instruments have been placed in the watershed. The number of watersheds or sub-watersheds provided with sufficient amount of instruments is very limited. Using a model to evaluate the watershed condition is one of the alternatives in finding solution to the above-mentioned problem. One of these models is the AGNPS Model. A study with application of such model was carried out in the Bila Bulu CendranaE watershed (South Sulawesi), and results show that the second scenario is the most suitable to improve the Bila Bulu CendranaE watershed condition.

Keywords: Watershed , Hydrology Model, Model AGNPS.

PENDAHULUAN

1 Latar Belakang

Usaha-usaha pengelolaan DAS sering mengalami banyak gangguan dan hambatan. Diantara banyak faktor penyebab kerusakan, terdapat dua faktor alami yang cukup dominan dalam menghambat keberhasilan pengelolaan DAS yaitu bencana banjir dan erosi. Untuk mencegah dan menanggulangi terjadinya bencana erosi dan banjir, maka potensi sumber daya alam khususnya pada suatu DAS perlu dilestarikan dan dilindungi. Berbagai kegiatan pelestarian dan perlindungan dalam mengelola suatu DAS telah dilakukan melalui berbagai kegiatan konservasi tanah dan air.

Kegiatan konservasi yang dilakukan hendaknya dapat dipantau dan dievaluasi dengan baik, hal ini dimaksudkan agar keberhasilan di dalam pengelolaan DAS dapat tercapai. Untuk melaksanakan hal ini diperlukan suatu metode

untuk memantau dan mengevaluasi dampak kegiatan konservasi terhadap perbaikan ekosistem DAS ataupun kondisi DAS.

2 Tujuan Studi

- 1 Memberikan wacana dan gambaran terhadap penggunaan Model AGNPS dalam evaluasi kondisi DAS.
- 2 Memberikan diskripsi awal tentang perencanaan pengelolaan DAS (baik dalam memberikan arahan penggunaan lahan maupun tindakan konservasi tanah dan air) di daerah studi.

TINJAUAN PUSTAKA

1 Pengelolaan DAS

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan

dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. Pemanfaatan sumber daya alam pada suatu DAS secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi 2 jenis yaitu pemanfaatan sumber daya tanah dalam hal ini lahan dan pemanfaatan sumber daya air. Agar sumberdaya pada suatu DAS dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan, maka diperlukan upaya pengelolaan DAS.

Secara garis besar, ada tiga sasaran umum yang ingin dicapai dalam pengelolaan DAS (Asdak, 2002).

- 1 Rehabilitasi lahan terlantar atau lahan yang masih produktif tetapi digarap dengan cara yang tidak mengindahkan prinsip-prinsip konservasi tanah dan air.
- 2 Perlindungan terhadap lahan-lahan yang umumnya sensitif terhadap terjadinya erosi dan atau tanah longsor atau lahan-lahan yang diperkirakan memerlukan tindakan rehabilitasi di kemudian hari.
- 3 Peningkatan dan pengembangan sumberdaya air.

Ketiga sasaran tersebut diatas hanyalah alat yang digunakan untuk tujuan pengelolaan DAS yaitu: meningkatkan stabilitas tata air, meningkatkan stabilitas tanah, meningkatkan pendapatan petani, dan meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap kegiatan konservasi.

Dalam pengelolaan DAS (Sheng, 1968 dalam Hariyadi, 1988), dimana lebih banyak menyangkut daerah aliran sungai yang berhutan dan yang ditutupi oleh tanaman pertanian lainnya, dalam kaitannya dengan 3 unsur pokok yang perlu diperhatikan, yaitu: lahan, air/sungai, dan manajemen. Unsur lahan meliputi semua komponen dari suatu unit geografi dan atmosfer tertentu, air, tanah, batuan, vegetasi dan kehidupan binatang, serta manusia dan kegiatannya. Sehubungan dengan hal itu, maka ada beberapa faktor yang dapat diubah dalam kegiatan pengelolaan DAS yakni; (Purwanto, 1992): tata

guna lahan dan jenis vegetasi, topografi dan kelerengan, dan kesuburan tanah pada batas-batas tertentu ;sifat fisik tanah.

2 Teknik Evaluasi DAS

DAS merupakan satu sistem dalam hidrologi, dengan demikian terdapat masukan (input) dan keluaran (output). Curah hujan merupakan input, sedangkan air, sedimen, dan unsur hara merupakan output.

Asdak (2002) menyatakan bahwa sebagai suatu sistem hidrologi, masukan ke dalam sistem (DAS) dapat dievaluasi proses yang telah dan sedang berlangsung dengan melihat keluaran dari sistem. Secara hidrologis, suatu pengelolaan DAS dapat dikatakan telah memberikan suatu dampak yang positif (kondisi DAS membaik) apabila parameter-parameter hidrologi yang diamati pada outlet dari suatu DAS menunjukkan kecenderungan sebagai berikut:

- 1 Perbandingan antara debit maksimum bulanan (Q_{max}) dengan debit minimum bulanan (Q_{min}) dalam satu tahun, menunjukkan kecenderungan menurun (Asdak, 2002; Hariyadi, 1988; Purwanto, 1992).
- 2 Unsur utama hidrograf aliran sungai menunjukkan: *time to peak* dan *time base* semakin lama, dan *peak discharge* semakin menurun.
- 3 Aliran dasar (*base flow*) dan koefisien resesi semakin meningkat (Purwanto, 1992).
- 4 Koefisien runoff sesaat dan tahunan menurun (Asdak, 2002; Hariyadi, 1988; Purwanto, 1992).
- 5 Muatan sedimen (*sediment load*) yang merupakan jumlah seluruh muatan yang terdiri dari muatan dasar (*bed load*), muatan suspensi (*suspended load*), dan padatan terlarut (*dissolved solid*) menunjukkan kecenderungan menurun (Asdak, 2002; Hariyadi, 1988; Purwanto, 1992).
- 6 Kandungan unsur kimia dan hara di dalam perairan sungai yang merupakan hasil proses biogeokimia di dalam DAS menunjukkan kecenderungan menurun (Hariyadi, 1988).

Evaluasi kondisi DAS dengan menggunakan teknik di atas mempunyai keunggulan dapat

menjelaskan secara kuantitatif, karena dihasilkan dari suatu pengukuran langsung. Pemantauan dengan cara ini dapat dilakukan bila suatu DAS/sub DAS telah terinstrumentasi dengan baik (*well instrumented catchment*). Suatu DAS/Sub DAS yang terinstrumentasi dengan baik adalah (Purwanto, 1992):

- 1 DAS yang memiliki stasiun pengukuran arus sungai secara otomatis, yaitu AWLR (*Automatic Water Level Recorder*) beserta perangkat pengukuran muatan sedimen pada *outlet* DAS/Sub DAS tersebut.
- 2 Memiliki penakar/alat ukur hujan otomatis dalam jumlah yang cukup, yaitu satu buah untuk tingkat Sub DAS dan tiga buah untuk tingkat DAS.

Jumlah DAS/sub DAS di Indonesia yang telah terinstrumentasi seperti disebutkan di atas, masih sangat terbatas.

Untuk mengatasi permasalahan seperti yang diuraikan di atas maka untuk evaluasi kondisi DAS dapat dilakukan dengan menggunakan model. Dengan model tersebut dapat dilakukan evaluasi dan simulasi terhadap dampak hidrologi dari berbagai skenario, perubahan-perubahan lingkungan yang mungkin terjadi dengan cepat, baik alami maupun buatan manusia. Model-model hidrologi yang dapat digunakan sebagai sarana untuk evaluasi kondisi dan perencanaan pengelolaan DAS diantaranya adalah Model AGNPS.

METODOLOGI

1 Model AGNPS

Model AGNPS (*Agricultural Non-Point Source Pollution Model*) adalah salah satu model hidrologi yang dapat digunakan untuk identifikasi dan evaluasi kegiatan konservasi dalam rangka mengendalikan sumber pencemar yang bersifat *non point source*. Model ini mampu menyajikan hasil secara spasial dan nilai kuantitatif dari daerah-daerah yang mempunyai kontribusi terhadap pencemaran air permukaan. Model AGNPS dikembangkan oleh USDA-ARS (USDA *Agricultural Research Service*) bekerjasama dengan MPCA (*Minnesota Pollution Control Agency*) dan SCS (*Soil Conservation Service*).

Model AGNPS ini dapat diterapkan untuk merencanakan pengelolaan DAS, dengan melakukan identifikasi lahan kritis di DAS tersebut, dimana lahan kritis tersebut memberikan kontribusi yang besar terhadap erosi dan limpasan ke sungai (yang terukur di outlet). Sekali lahan kritis teridentifikasi, pendekatan praktik pengelolaan terbaik direkomendasikan untuk menurunkan masalah erosi dan polusi (Nugroho, 2001).

2 Struktur Model AGNPS

Model AGNPS merupakan gabungan antara model distribusi (*distributed model*) dan model rangkaian (*sequential model*). Sebagai model distribusi, penyelesaian persamaan keseimbangan massa diselesaikan secara simultan di seluruh sel. Dalam kapasitasnya sebagai model rangkaian, air dan polutan ditelusuri dalam rangkaian aliran di permukaan lahan dan di saluran secara berurutan.

Model AGNPS memprediksi pada satuan areal berbasis sel. Dengan demikian areal DAS dibagi habis ke dalam sel-sel. Untuk DAS dengan luas lebih dari 2.000 acre, ukuran selnya pada umumnya disarankan 40 acre (1 acre = 0,4047 ha). Ukuran sel bisa lebih kecil apabila DAS yang dianalisis berukuran lebih kecil. Model ini dapat digunakan untuk DAS sampai dengan luas di atas 50.000 acre (Young, *et. al.*, 1995).

Parameter masukan model AGNPS terdiri dari dua kelompok, inisial data dan data sel. Masukan inisial data yang utama adalah:

- a. Identifikasi DAS (luas DAS, panjang sungai, kemiringan lereng)
- b. Deskripsi (tata guna lahan dalam DAS)
- c. Luas sel
- d. Jumlah sel
- e. Curah hujan rata-rata bulanan
- f. Energi intensitas hujan atau durasi hujan
- g. Tipe Hujan

Masukan data sel meliputi:

- a. Nomor sel
- b. Nomor sel penerima
- c. Aspek (arah)
- d. Bilangan kurva aliran permukaan
- e. Kemiringan lereng
- f. Panjang lereng
- g. Bentuk lereng

- h. Koefisien kekasaran Manning
- i. Faktor erodibilitas tanah (K)
- j. Faktor pengelolaan tanaman ©
- k. Faktor tindakan konservasi tanah (P)
- l. Konstanta kondisi permukaan (SCC)
- m. Tekstur tanah
- n. Tingkat pemupukan
- o. Faktor ketersediaan pupuk
- p. Indikator *point source*
- q. *Gully source*
- r. Faktor COD
- s. Faktor impoundment
- t. Indikator saluran

Hasil keluaran (*output*) dari model AGNPS dapat berupa grafik ataupun data tabuler dengan informasi yang sangat lengkap, meliputi:

a. *Output* Hidrologi:

- ❖ Volume aliran permukaan (inch)
- ❖ Laju puncak aliran permukaan (cfs)
- ❖ Bagian aliran permukaan yang dihasilkan di dalam sel

b. *Output* Sedimen:

- ❖ Hasil sedimen (ton)
- ❖ Konsentrasi sedimen (ppm)
- ❖ Distribusi ukuran partikel sedimen
- ❖ Erosi yang dipasok dari sel sebelah atasnya (ton/acre)
- ❖ Jumlah deposisi (%)
- ❖ Sedimen yang dihasilkan di dalam sel (ton)
- ❖ Rasio pengayaan oleh ukuran partikel
- ❖ Rasio pengangkutan oleh ukuran partikel

c. *Output* Kimia:

- ❖ Nitrogen
 - Massa nitrogen per satuan luas di dalam sedimen (lbs/acre)
 - Konsentrasi dari material yang terlarut (ppm)
 - Massa dari material yang terlarut per satuan luas (lbs/acre)
- ❖ Phosphor
 - Massa phosphor per satuan luas di dalam sedimen (lbs/acre)
 - Konsentrasi dari material yang terlarut (ppm)
 - Massa dari material yang terlarut per satuan luas (lbs/acre)

- ❖ COD
 - Konsentrasi COD (ppm)
 - Massa COD terlarut per satuan luas (lbs/acre)

PEMBAHASAN

ANALISIS MODEL AGNPS

Studi kasus simulasi penerapan model AGNPS ini dilakukan pada salah satu DAS di Sulawesi Selatan yaitu DAS Bila Bulu-CendranaE. Untuk pemodelan posisi gridnya dirancang menjadi 349 sel, dengan tiap unit sel seluas = 9,9 acre. Skema pembagian sel pada catchment area serta aliran air yang distudi disajikan pada Gambar 1 dan sebaran erosi tiap sel pada Gambar 2. Dalam Tabel 1 diperlihatkan menu tampilan input data pada AGNPS, dan dalam Tabel 2 diperlihatkan sedimen analisis. Hasil simulasi model AGNPS untuk kondisi eksisting daerah studi, menghasilkan output sebagaimana disajikan pada Tabel 3.

Hasil keluaran tersebut diatas masih memungkinkan untuk dikendalikan dengan menerapkan tindakan konservasi tanah dan air.

PERENCANAAN PENGELOLAAN DAS

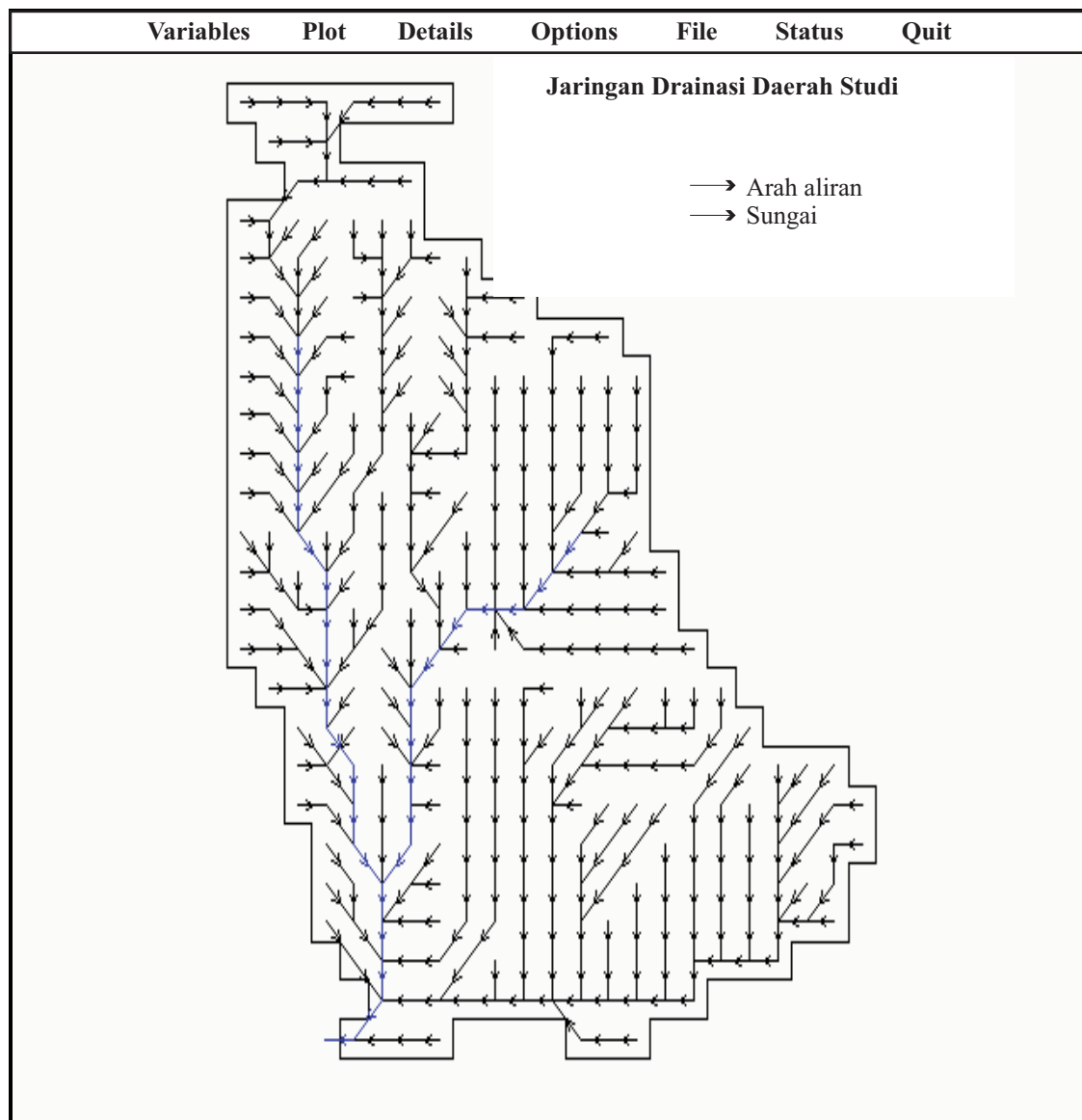
Perencanaan pengelolaan DAS dilakukan dengan cara simulasi dengan model. Untuk menentukan alternatif tindakan konservasi, simulasi dengan 3 (tiga) skenario AGNPS. Untuk menghasilkan keluaran model yang ideal untuk kondisi suatu DAS.

- 1 Skenario-1, pada lahan berlereng datar dan landai ditanami dengan tanaman yang nilai C-nya besar (Jagung) dan pada lahan yang berlereng landai sampai agak curam ditanami dengan tanaman yang nilai C-nya kecil (Kacang tanah dengan mulsa jerami 4 ton/ha); dengan teknik pengolahan tanah dan penanaman menurut garis kontur, pada lahan berlereng sangat curam dijadikan hutan rakyat.
- 2 Skenario-2, pada lahan berlereng datar dan landai ditanami tebu dengan pengolahan tanah dan penanaman mengikuti garis kontur; pada lahan yang berlereng landai sampai agak

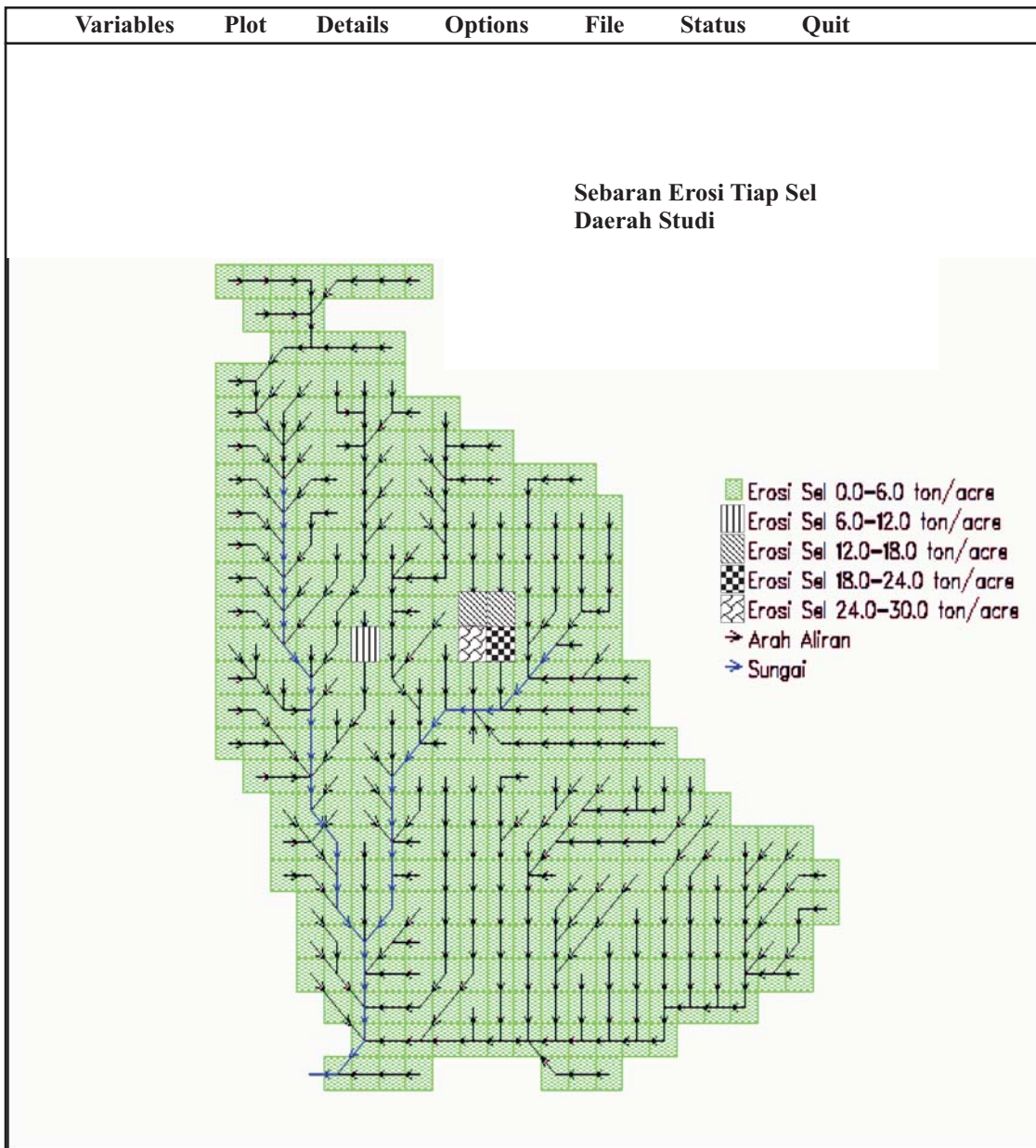
curam dibuat kebun campuran yang disertai pembuatan teras bangku dengan konstruksi yang baik, dan pada lahan berlereng sangat curam dijadikan hutan rakyat.

3 Skenario-3, sistem guludan searah kontur

pada lahan berlereng datar sampai agak curam dengan tanaman kedelai, teras bangku pada lahan berlereng agak curam sampai curam dengan tanaman kebun campuran, dan hutan rakyat pada lahan berlereng sangat curam.



Gambar 1 Jaringan Drainasi Daerah Studi



Gambar 2 Sebaran erosi tiap sel Daerah Studi

Dengan adanya beberapa skenario yang akan disimulasikan, maka akan terjadi perubahan nilai-nilai masukan dalam model dari kondisi eksisting, nilai-nilai tersebut diantaranya adalah: faktor C (pengelolaan tanaman), faktor P (tindakan

konservasi tanah dan air), faktor N (koefisien kekasaran Manning untuk permukaan lahan), faktor SCC (konstanta kondisi permukaan lahan), dan parameter lain yang terkait, menghasilkan output sebagaimana disajikan pada Tabel 4.

Tabel 1 Menu Tampilan Masukan Data Pada AGNPS

No. Sel	1	2	3	4	5	6	7
No. Sel Penerima	2	3	4	11	11	5	6
Arah (<i>aspect</i>)	3	3	3	5	6	7	7
Bilangan Kurva Aliran Permukaan	63	63	63	63	63	63	63
Kemiringan Lereng (%)	11,8	8,0	10,0	3,5	3,6	3,6	3,6
Bentuk Lereng	1	1	1	1	1	1	1
Panjang Lereng	695	820	656	925	919	919	919
Koefisien Kekasaran Manning	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080
Faktor Erodibilitas Tanah (K)	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Faktor Pengelolaan Tanaman (C)	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Faktor Tindakan Konservasi Tanah (P)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Konstanta Kondisi Permukaan (SCC)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Tekstur Tanah	2	2	2	2	2	2	2
Tingkat Pemupukan	0	0	0	0	0	0	0
Faktor Ketersediaan Pupuk	0	0	0	0	0	0	0
Indikator (<i>Point Source</i>)	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gully Source</i>	0	0	0	0	0	0	0
Faktor COD	0	0	0	0	0	0	0
Faktor <i>Impoundment</i>	0	0	0	0	0	0	0
Indikator Saluran	0	0	0	0	0	0	0

Ringkasan Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai Studi	Sub DAS
Luasan DAS	3455 acres
Luasan Setiap Sel	9,90 acres
Karakteristik Presipitasi	1,30 inch
Nilai Energi Intensitas Curah Hujan	9

Nilai pada Tempat Keluaran (*Outlet*)

Daerah Aliran Sungai

Jumlah Sel	343
Volume Aliran	0
Laju Puncak Aliran Permukaan	1 cfs
Total Nitrogen Dalam Sedimen	0,01 lbs/acre
Total Nitrogen Terlarut Dalam Aliran	0,00 lbs/acre
Konsentrasi Nitrogen Terlarut Dalam Aliran	1,01 ppm
Total Fosfor Dalam Sedimen	0,00 lbs/acre
Total Fosfor Terlarut Dalam Aliran	0,00 lbs/acre
Konsentrasi Fosfor Terlarut Dalam Aliran	0,05ppm
Total Kebutuhan Oksigen Kimiawi Terlarut	0,00 lbs/acre
Kebutuhan Konsentrasi Total Oksigen Kimiawi Terlarut Dalam Aliran	0 ppm

Tabel 2 Analisis Sedimen

Tipe Partikel	Luasan Yang diukur Sedimennya					Deposisi yang diukur	
	Dipasok dari Sel Sebelah Atasnya (t/a)	Saluran (t/a)	Rasio Pengangkutan (%)	Rasio Pengayaan	Konsentrasi (ppm)	Produksi (t/a)	Produksi (ton)
Lempung (<i>clay</i>)	0,03	0,00	2	19	7285,75	0,00	2,1
Lanau (<i>silt</i>)	0,06	0,00	0	0	107,84	0,00	0,0
Lempung Teguh (<i>sagg</i>)	0,35	0,00	0	0	186,67	0,00	0,1
Lempung Kenyal (<i>lagg</i>)	0,21	0,00	0	0	110,48	0,00	0,0
Pasir (<i>sand</i>)	0,04	0,00	0	0	34,22	0,00	0,0
Total	0,69	0,00	0	19	7724,95	0,00	2,3

Tabel 3 Tabulasi Beberapa Keluaran (*Output*) DAS Kondisi Yang Ada

No.	Keluaran DAS	Besaran <i>Output</i>
1	Debit Puncak Limpasan (cfs)	1
2	Erosi dari Sel Bagian Atas (<i>Upland</i>) (ton/acre)	0.69
3	Produksi Sedimen (<i>Sediment Yield</i>) (ton)	2,3
4	Nitrogen dalam Sedimen (lbs/acre)	tidak disimulasikan
5	Phospor dalam Sedimen (lbs/acre)	tidak disimulasikan
6	COD terlarut (lbs/acre)	tidak disimulasikan

Tabel 4 Perbandingan Beberapa Keluaran (*Output*) Hasil Simulasi Berbagai Skenario

Model Keluaran (<i>Output Model</i>)	Kondisi Yang Ada (<i>Eksisting Condition</i>)	Skenario		
		1	2	3
Debit Puncak Limpasan (cfs)	1	1	1	1
Erosi dari Sel Bagian Atas (<i>Upland</i>) (ton/acre)	0.69	0.52	0.01	2.03
Produksi Sedimen (<i>Sediment Yield</i>) (ton)	2.3	6.7	2.0	32.8
Nitrogen dalam Sedimen (lbs/acre)	-	0.02	0.01	0.08
Phospor dalam Sedimen (lbs/acre)	-	0.01	0.00	0.04
COD terlarut (lbs/acre)	-	0.03	0.03	0.03

Keterangan: - tidak disimulasikan

Sesuai dengan tinjauan sejumlah pustaka sebagaimana dijelaskan di atas, maka diantara beberapa skenario yang dibuat, mengindikasikan bahwa Skenario-2 adalah yang terbaik, dimana

skenario ini lebih mengurangi jumlah sedimen, maupun unsur kimia dan hara di dalam perairan sungai yang merupakan hasil proses biogeokimia di dalam DAS.

KESIMPULAN

Dari hasil studi dan penerapan Model AGNPS dengan disertai data DAS Bila Bulcen, dapat ditarik kesimpulan secara umum sebagai berikut:

- 1 Sebagaimana tujuan dilakukannya studi ini, yaitu memberikan wacana dan gambaran terhadap penggunaan Model AGNPS dalam evaluasi kondisi DAS, maka studi ini diharapkan memberikan wacana tentang salah satu teknik untuk melakukan evaluasi dan perencanaan pengelolaan DAS dengan menggunakan model hidrologi.
- 2 Arah penggunaan lahan pada lahan berlereng datar dan landai ditanami tebu dengan pengolahan tanah dan penanaman mengikuti garis kontur; dan pada lahan yang berlereng landai sampai agak curam dibuat bangku dengan konstruksi yang baik, serta pada lahan berlereng sangat curam dijadikan hutan rakyat merupakan indikasi usaha konservasi tanah dan air yang efektif untuk perencanaan pengelolaan *watershed* daerah studi guna mendapatkan kondisi DAS yang ideal.
- 3 Sehubungan dengan kesimpulan (2), studi ini menggunakan simulasi dengan sejumlah parameter-parameter yang diperoleh dari literatur maupun manual program, sehingga hasil studi ini hanya bersifat indikator (mengindikasikan). Untuk lebih memperoleh hasil studi yang lebih akurat, selain berupa simulasi ini, maka perlu diadakan pengecekan dan pengamatan secara langsung di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Arsyad, S. (2000). *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press.
- 2 Asdak, C. (2002). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- 3 Beffa Cornel and Rober J. Connell (2001), *Two dimensional Flood Plain Flow. I: Model Description*, Journal of Hydrologic Engineering, ASCE, Vol. 6, No. 5 September/October 2001, pp.397-405.
- 4 Burges J Stephen, Wigmosta and Meena M Jack, (1998). *Hydrological Effects of Land-Use Change in a Zero-Order Catchment* Journal of Hydrologic Engineering, ASCE, Vol. 3, Number 2, April 1998, pp 86–97.
- 5 Darby E. Stephen, (1999). *Evection On Vegetation on Flow Resistance and Flood Potential*, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol.125, Number 5, May 1999, pp 443–454
- 6 Kilgore, Roger T. Sheldon A. and Davis, Mik (2004), *Evaluating Flood Control Options : Downstream versus Upstream Needs*”. Kilgore Consulting and Management, Denver Colorado
- 7 Hariyadi, R. (1988). *Model Pengukuran Keberhasilan Pengelolaan DAS Ditinjau Dari Pendekatan Hydro Ekologis*. Makalah Simposium Model Hidrologi Rekayasa dan Lingkungan Untuk Perencanaan Regional dan Perancangan. Bandung, 17-18 Maret 1988.
- 8 Jacobs M., Jennifer and Min-Hui Wang, (2003), *Atmospheric Momentum Roughness Applied to Stage-Discharge Relationships in Flood Plains*, Journal of Hydrologic Engineering, ASCE, Vol.8, No. 2, March/April 2003, pp.99-106.
- 9 Lund ., Jay R. (2002). *Flood Plain Planning with Risk Base Optimizatiom* , Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, Vol. 127, Number 3, May/June 2002, pp143-153.
- 10 McCuen H. Richard, (2001), *Generalized Flood Skew: Map versus Watershed Skew*, Journal of Hydrologic Engineering, ASCE, Vol.6 No.4, July/August 2001, pp.293-299.
- 11 Nugroho, S.P. (2001). *Identifikasi dan Evaluasi Kegiatan Konservasi Tanah dan Air Untuk Mengatasi Penurunan Kualitas Air Dengan Menggunakan Model AGNPS*. Jurnal Alami, Volume 6 Nomor 1 Tahun 2001, ISSN : 0853-8514. Jakarta: Direktorat Teknologi Pengelolaan Sumberdaya Lahan dan Kawasan, Deputy Bidang Teknologi Pengelolaan Sumberdaya Alam, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.

- 12 Purwanto, E. (1992). *Pemanfaatan dan Evaluasi Daerah Aliran Sungai Dengan Menggunakan Parameter Hidrologi*. (Majalah Kehutanan Indonesia, Edisi No. 10 th 1991/1992, Diterbitkan oleh Departemen Kehutanan RI, STT. No.1162/SK/DITJEN PPG / SST / 1987). Jakarta: Departemen Kehutanan RI.
- 13 Shrivastava S. Gyan, (2003),” *Estimation of sustainable Yield of Some Rivers In Trinidad*, Journal of Hydrologic Engineering, ASCE, Vol.6, No. 1, January/February, pp.35-40.
- 14 Undang-undang No. 7 Tahun 2004 tentang Sumber daya Air.
- 15 Wright, J.A.(2002). “ *Virgin Islands Environmental Protection Handbook*”, Virgin Islands Nonpoint Source Pollution Control Committee, Virgin Islands Department of Planning and Natural Resources, St. Croix, U.S. Virgin Islands.
- 16 Young, R.A., C.A. Onstad, D.D. Bosch, W.P. Anderson. (1990). *AGNPS User's Guide Version 3.51*. USDA-ARS, Morris, Minnesota.
- 17 Young, R.A., C.A. Onstad, and D.D. Bosch. (1995). *AGNPS: An Agricultural Nonpoint Source Model*,. Chapter 26 in Computer Models of Watershed Hydrology, Pp. 1001-1020, edited by V.P. Singh. Water Resource Publications. Colorado.